

**Zur Kritik gegenwärtiger Didaktik
der Schule für Lernbehinderte
- aufgezeigt an den Befunden
der empirischen Überprüfung
rechendidaktischer Entscheidungen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs Erziehungswissenschaften
der Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

Reinhard Kutzer
aus Abaschin

Marburg 1976

Druck: Mauersberger, Marburg/L.

**Zur Kritik gegenwärtiger Didaktik
der Schule für Lernbehinderte
- aufgezeigt an den Befunden
der empirischen Überprüfung
rechendidaktischer Entscheidungen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs Erziehungswissenschaften
der Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

Reinhard Kutzer

aus Abaschin

Marburg 1976

Druck: Mauersberger, Marburg/L.



Vom Fachbereich Erziehungswissenschaften
der Philipps-Universität Marburg / Lahn
als Dissertation angenommen am 8.1.1976
Tag der mündlichen Prüfung am 19.1.1976

Berichterstatter : Prof. Dr. Ulrich Kasztantowicz
Mitberichterstatter: Prof. Dr. Karl Bönner

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
1. Die Beseitigung gesellschaftlicher Randständigkeit als Aufgabe der Schule für Lernbehinderte	7
1.1. Die Institution Schule produziert bei benachteiligten Schülern gesellschaftliche Randständigkeit	7
1.2. Bisherige Lösungsvorschläge zur Beseitigung gesellschaftlicher Randständigkeit	10
1.2.1. Vorschlag 1: Der Abbau der Leistungsgesellschaft	10
1.2.2. Vorschlag 2: Die Schule als gesellschaftlich anerkannter Schonraum für Behinderte	11
1.2.3. Vorschlag 3: Die Sonderschule für Lernbehinderte als Leistungsschule	13
1.2.4. Vorschlag 4: Änderung der Schulorganisation	14
2. Die Revision gegenwärtiger allgemeiner didaktischer Konzepte der Schule für Lernbehinderte als unabdingbare Voraussetzung des Abbaus der Randständigkeit der Schüler	16
2.1. Zur gegenwärtigen Situation der Didaktik i.e.S. der Schule für Lernbehinderte	16
2.2. Strukturorientierter Unterricht als möglicher Neuansatz	22
2.2.1. Begründung des Ansatzes - abgeleitet aus der Kritik heutigen Verständnisses des Sonderschülers und der daraus resultierenden inhaltlichen und methodischen Entscheidungen	22

	Seite
2.2.2. Merkmale des strukturorientierten Unterrichts	29
2.3. Zusammenfassung	37
2.4. Formulierung der in der Kritik gegenwärtiger didaktischer Konzepte der Schule für Lernbehinderte und der im Neuvorschlag enthaltenen Hypothesen	39
3. Die Revision der Rechendidaktik der Schule für Lernbehinderte als unabdingbare Voraussetzung der Steigerung der Rechenleistung	42
3.1. Begründung der Auswahl mathematik-didaktischer Entscheidungen zur Überprüfung der Hypothesen	42
3.2. Zur Situation des Rechenunterrichts in der Schule für Lernbehinderte	44
3.3. Kritik der gegenwärtigen Rechendidaktik der Schule für Lernbehinderte aus der Sicht des Modells des strukturorientierten Unterrichts	52
3.3.1. Die Sonderschule beachtet mit der Mengeninvarianz eine der Lernvoraussetzungen für den Zahlbegriff unzureichend	52
3.3.2. Die in der Sonderschule angewandten synthetischen Methoden überfordern die Merkfähigkeit der Schüler und verhindern eine Einsicht in die Struktur des Zahlsystems und der Operationen	54
3.3.3. Der Einsatz strukturorientierter Methoden als Möglichkeit einer Neuorientierung	56
3.4. Strukturorientierter Mathematikunterricht - dargestellt am Beispiel der Zahlbereichserweiterung	56
3.4.1. Allgemeine Überlegungen	56
3.4.2. Exemplarische Darstellung einer Strukturfeldanalyse und eines Strukturaufbaus	59
3.4.2.1. Anmerkungen zum Strukturvorfeld	59

	Seite
3.4.2.2.	Strukturfeldanalyse 60
3.4.2.3.	Methodische Überlegungen 71
3.4.3.	Didaktische Folgerungen aus der Strukturfeldanalyse 77
3.4.4.	Kritik des synthetischen Verfahrens der Zahlbereichserweiterung aus der Sicht des Konzeptes der Strukturaufbauten 78
3.5.	Formulierung der in der Kritik gegenwärtiger rechendidaktischer Konzepte und in der Begründung des Neuverschlages enthaltenen Hypothesen 79
4.	Übersicht über die für die Überprüfung der Hypothesen geplanten Untersuchungen, Begründung der Untersuchungen in Stichworten 81
4.1.	Untersuchungen zur Abhängigkeit des Lernerfolges der Schüler von dem Entwicklungsstand der in der Grund- und Hauptschule angewandten Unterrichtsverfahren - Überprüfung der Hypothese 1. 92
4.1.1.	Untersuchung 1.1. Überprüfung der Effektivität heutiger Unterrichtsverfahren - dargestellt am Beispiel programmierten Unterrichts 92
4.1.1.1.	Allgemeine Vorüberlegungen 92
4.1.1.2.	Der programmierte Unterricht 95
4.1.1.3.	Darstellung der Untersuchung 99
4.1.1.3.1.	Untersuchungsplanung 99
4.1.1.3.2.	Darstellung der Ergebnisse 113
4.1.1.3.3.	Die Leistungen der Stichproben "EP" (Eigenprogramm) und "LU" (Lehrerunterricht) im Vergleich zu denen der Versuchsgruppe (TT - Programm) 125
4.1.1.3.4.	Zusammenfassung 137
4.1.1.3.5.	Interpretation 141
4.1.2.	Untersuchung 1.2. Überprüfung der Effektivität heutiger Unterrichtsverfahren - Kontrolluntersuchung zur Untersuchung 1.1. 145
4.1.2.1.	Vorbemerkungen 145

	Seite
4.1.2.2.	Darstellung der Ergebnisse 148
4.1.2.3.	Zusammenfassung 153
4.1.2.4.	Interpretation 155
4.1.2.5.	Gesamtbeurteilung des Ergebnisses 161
4.2.	Untersuchungen zur Abhängigkeit des Lernerfolges der Schüler von der Beachtung der Lernvoraussetzungen 162
4.2.1.	Untersuchungen zur Mengeninvarianz von nach gegenwärtigen Konzepten unterrichteten lernbehinderten Son- derschülern 162
4.2.1.1.	Vorüberlegungen 162
4.2.1.2.	Zum Problem des mengeninvarianten Ver- haltens und seiner Bedeutung für die Zahlbegriffsgewinnung 167
4.2.1.3.	Überprüfung des mengeninvarianten Ver- haltens von lernbehinderten Sonder- schülern der Altersstufen 6 bis 11 183
4.2.1.3.1.	Planung der Untersuchung - Überprüfung der Hypothese 2.1. 183
4.2.1.3.2.	Darstellung der Ergebnisse 191
4.2.1.3.3.	Zusammenfassung 201
4.2.1.4.	Die Veränderung mengeninvarianten Ver- haltens von lernbehinderten Sonder- schülern in einem Zeitraum von sechs Monaten 202
4.2.1.4.1.	Vorbemerkung 202
4.2.1.4.2.	Darstellung der Ergebnisse 203
4.2.1.4.3.	Zusammenfassung 205
4.2.2.	Untersuchung der Erlernbarkeit invari- anten Verhaltens durch Sonderschüler mit Hilfe eines strukturorientierten Programms - Überprüfung der Hypothese 2 ₂ 206
4.2.2.1.	Vorbemerkungen
4.2.2.2.	Planung der Untersuchung 209
4.2.2.3.	Darstellung der Ergebnisse 213
4.2.2.4.	Zusammenfassung 215

		Seite
4.2.3.	Die Beziehung zwischen der "Invarianz-Leistung", der allgemeinen Intelligenz (HAWIK) und dem Lebensalter	216
4.2.4.	Zusammenfassung	221
4.2.5.	Schlußfolgerungen	223
4.3.	Untersuchung zur Abhängigkeit des Lernerfolgs von Sonderschülern von den durch die gegenwärtigen didaktischen Konzepte festgelegten Bedingungen	225
4.3.1.	Die arithmetischen Leistungen von lernbehinderten Sonderschülern der Klassen 3 bis 9 bei strukturgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen und bei zahlgleichen Umkehroperationen -Überprüfung der Hypothesen 3.1. und 3.2.	227
4.3.1.1.	Untersuchungsplanung	227
4.3.1.2.	Darstellung der Ergebnisse	237
4.3.1.3.	Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung 3.1.	246
4.3.2.	Die arithmetischen Leistungen von Grund- und Sonderschülern des 3. und 4. Schuljahres bei strukturgleichen Operationen und Umkehroperationen im Grundbereich $G = \{1, 2, \dots, 20\}$	248
4.3.2.1.	Planung der Untersuchung	248
4.3.2.2.	Darstellung der Ergebnisse	252
4.3.2.3.	Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung 3.2.	255
4.3.3.	Interpretation der Ergebnisse der Untersuchungen 3.1. und 3.2.	257
4.3.4.	Didaktische Folgerungen	260
4.4.	Untersuchung möglicher Lernleistung der Schüler unter veränderten Bedingungen	261
4.4.1.	Überprüfung der Lernleistung von Sonderschülern bei einer strukturorientierten Erarbeitung des Zahlbereichs $Z = \{0, 1, 2, \dots, 100\}$ Überprüfung der Hypothese 4.1.	264

	Seite
4.4.1.1. Planung der Untersuchung	266
4.4.1.2. Darstellung der Ergebnisse	278
4.4.1.2.1. Stichprobe Marburg	278
4.4.1.2.2. Stichprobe Großenlinden	291
4.4.1.3. Interpretation und didaktische Konsequenzen	299
4.4.2. Der Lernerfolg lernbehinderter Sonderschüler im Vergleich zu dem von Haupt- und Realschülern bei der Analyse der Struktur logischer Reihen - Überprüfung der Hypothese 4.2.	302
4.4.2.1. Untersuchungsplanung	303
4.4.2.2. Darstellung der Ergebnisse	308
4.4.2.2.1. Die Leistungen der Versuchs- und Kontrollgruppen im Vortest	308
4.4.2.2.2. Zusammenfassung der Ergebnisse des Vortests	311
4.4.2.2.3. Die Leistungen der Versuchs- und Kontrollgruppen im Nachtest	311
4.4.2.2.4. Vergleich der Leistungen im Vortest und Nachtest	313
4.4.2.2.5. Zusammenfassung des Vergleichs der Ergebnisse des Vor- und Nachtests	314
4.4.2.2.6. Vergleich der Leistungen der Stichproben mit den Normwerten	314
4.4.2.2.7. Die Leistungsveränderung in den beiden Trainingsprogrammen	315
4.4.2.2.8. Zusammenfassung der Ergebnisse des Trainings	318
4.4.2.3. Zusammenfassung	318
4.4.2.4. Interpretation der Ergebnisse	319
4.4.3. Der Einfluß des Trainings auf die Bestimmung relativer Größen - Überprüfung der Hypothese 4.3.	320
4.4.3.1. Untersuchungsplanung	323

	Seite
4.4.3.2.	Darstellung der Ergebnisse 326
4.4.3.3.	Zusammenfassung 334
4.4.4.	Zusammenfassung der Ergebnisse und Interpretationen der zur Überprüfung der Hypothese 4 durchgeführten Untersuchungen 336
4.5.	Untersuchungen zur Abhängigkeit des Lernerfolgs von der Effizienz methodischer Entscheidungen - Überprüfung der Hypothese 5 339
4.5.1.	Überprüfung des Einflusses des Prinzips der Anschauung auf die Entwicklung abstrakten Denkens - Überprüfung der Hypothese 5.1. 341
4.5.1.1.	Untersuchungsplanung 344
4.5.1.2.	Darstellung der Ergebnisse 353
4.5.1.3.	Zusammenfassung 363
4.5.1.4.	Interpretation 365
4.5.2.	Vergleichende Untersuchung der Leistung von lernbehinderten Sonderschülern bei der sogenannten "schriftlichen" und "mündlichen" Addition und Subtraktion - Überprüfung der Hypothese 5.2. 368
4.5.2.1.	Die Leistungen von Sonderschülern der Klassen 4 bis 9 bei der "mündlichen" und "schriftlichen" Addition und Subtraktion 370
4.5.2.1.1.	Untersuchungsplanung 370
4.5.2.1.2.	Darstellung der Ergebnisse 371
4.5.2.1.3.	Interpretation 375
4.5.2.2.	Ergebnisse der Einführung der "schriftlichen" Addition und Subtraktion im Zahlbereich über 20 vor den entsprechenden "mündlichen" Verfahren 376
4.5.2.2.1.	Vorbemerkung zur Planung und Einordnung der Untersuchung 376
4.5.2.2.2.	Darstellung der Ergebnisse 377
4.5.2.2.3.	Interpretation 379

		Seite
4.5.3.	Untersuchung des komplexen Erfassens diskreter Mengen in Abhängigkeit von der Anordnung der Elemente - Überprüfung der Hypothese 5.3.	380
4.5.3.1.	Planung der Untersuchung	380
4.5.3.2.	Darstellung der Ergebnisse	387
4.5.3.2.1.	Die Bedeutung der Darbietungsformen für das Erfassen der Mächtigkeit von Mengen	387
4.5.3.2.2.	Die Leistung der vier Stichproben beim Erfassen von Mengen unterschiedlicher Mächtigkeit	400
4.5.3.2.3.	Die Leistung der vier Stichproben beim Erfassen von Mengen unterschiedlicher Darbietungsformen und Mächtigkeit	405
4.5.3.3.	Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung 4.5.3.	409
4.5.4.	Zusammenfassung der Ergebnisse und der Interpretationen der exemplarisch zum Bereich der methodischen Maßnahmen der Schule für Lernbehinderte durchgeführten Untersuchungen	412
4.6.	Gesamtzusammenfassung der Ergebnisse und Interpretationen der Untersuchungen 1.1. bis 5.3.	413
4.7.	Strukturorientierter Unterricht und Intelligenzentwicklung	418
4.7.1.	Untersuchungsplanung	419
4.7.2.	Darstellung der Ergebnisse	421
4.7.3.	Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit denen BASLER und BASLER / BASLER	425
4.7.4.	Interpretation	426
5.	Zusammenfassung der Begründung, der Ergebnisse und der Interpretationen der Untersuchungen	430
6.	Ausblick	438

Einleitung

Schüler einer Schule für Lernbehinderte oder ein leistungsschwacher Schüler zu sein oder gewesen zu sein ist noch immer, in der gegenwärtigen wirtschaftlichen Krise sogar mehr noch als zuvor, verbunden mit geminderten beruflichen Chancen, mit einer Festlegung auf einen niedrigen Sozialstatus. Neben den reduzierten Chancen im sozialen Bereich, bedeutet eine Minderung der intellektuellen Fähigkeiten

- 1) einen Mangel an Selbstbestimmungs- und Urteilsfähigkeit,
- 2) die Erhöhung der Abhängigkeit von anderen und damit
- 3) eine geminderte Lebensqualität.

Während heute aus der Erkenntnis der sozialen Benachteiligung in verschiedenen Staaten und Gesellschaftsformen unterschiedliche Konsequenzen gezogen und die Änderungsvorschläge mit unterschiedlicher Intensität angegangen werden - das Problem aber prinzipiell als lösbar gelten kann - schien lange Zeit wegen der angenommenen endogenen Verursachung des Leistungsversagens eine Chancengleichheit etwa hinsichtlich der Erreichbarkeit der für die Grund- und Hauptschule genannten Ziele unmöglich.

Die Ergebnisse der Begabungsforschung ¹⁾ und der Sozialisationsforschung haben jedoch auf die Bedeutung exogener Verursachungsfaktoren geminderter Leistung und Leistungsfähigkeit hingewiesen und damit der "Anlage" nur noch einen gewissen Stellenwert bei der Begründung des Schulversagens zugewiesen ²⁾. In der Folge erhielten die kompen-

¹⁾ Auf die pädagogischen Konsequenzen dieser Ergebnisse wurde in Deutschland zunächst vor allem von H. ROTH (1965; 1969) hingewiesen.

²⁾ Vgl. hierzu die Darstellungen von BRÖSE 1971, S. 41, GULLASCH 1973, S. 15ff., GÜTHKE 1972, S. 15 ff., LOMPSCHER 1963, PIPPIG 1971, S. 13 ff.

satorische und vorschulische Erziehung durch eben diese Erkenntnis größerer Beeinflussbarkeit der intellektuellen Entwicklung des Schülers neuen Auftrieb ¹⁾ und auch die Reform der Grundschule dürfte hierin eine ihrer wesentlichen Wurzeln haben.

Positiven Einfluß hatte die neue Bestimmung des Verhältnisses von Anlage und Umwelt auch auf die breitere Verwirklichung der Gesamtschulidee, die auf Grund der Erkenntnis der Leistungsabhängigkeit von Umweltbedingungen Chancengleichheit und "Chancengerechtigkeit" (BACH) schaffen will und sich insgesamt eine bessere Förderung aller Schüler erhofft.

In diesem Kontext sind auch die unterschiedlichen Angaben über den Anteil lernbehinderter Schüler an der Gesamtschülerzahl zu verstehen, der 1965 durch von BRACKEN auf sechs Prozent³⁾ und 1971 durch BACH auf ein bis drei Prozent (1971, S. 8) geschätzt wird. Langsam jedoch stetig setzt sich die Einsicht durch, daß Lernbehinderte im ursprünglich definierten Sinne eines Schulversagers durch "Anlage-schwäche" (vgl. BACH, S. 7f.) nur einen Teil der heute als lernbehindert klassifizierten Kinder darstellen (vgl. BEGEMANN 1968, BACH 1971).

Als einziger exogener Faktor der Sonderschulbedürftigkeit wird fast ausschließlich die häusliche Umwelt angesehen, die eine deviante Sozialisation bewirke. In der schulischen Umwelt dagegen, werden kaum Ursachen²⁾

1) Diesen positiven Konsequenzen stehen aber auch übersteigerte - und daher negative - Folgerungen gegenüber: Nicht zuletzt Hinweise wie die von BLOOM, daß 80 Prozent der Intelligenz mit 8 Jahren ausgebildet seien oder von BAYLEY, daß das größte Entwicklungstempo der Intelligenz zwischen dem 3. und 9. Lebensjahr zu verzeichnen ist, führten zu einer Übersteigerung der Leistungsanforderungen an 4 - 6-jährigen Kindern, die in dem von CORRELL (1969c) und LÜCKERT (1967) sowie WALTER (1968) propagierten Frühlesen wohl ihren Höhepunkt fand.

2) Dort, wo wie durch KLAUER (1969), BEGEMANN (1968), KLEIN (1971) die Möglichkeit einer didaktischen Insuffizienz aufgezeigt wird, scheinen die Konsequenzen nicht adäquat oder unzureichend.

3) Vgl. 1967, S. 19

für ein Leistungsver-sagen schweren Grades gesucht, sieht man von den durch Störungen des Lehrer-Schüler-Verhältnisses und von den durch unterschiedliche Sprach-codes bedingten Kommunikationsschwierigkeiten und ähnlichem ab. Schulversagen durch Fehler der Lernorganisation werden nur sporadisch aufgezeigt und sehr selten in den Bereich möglicher Ereignisse einbezogen.

Wenn auch in theoretischen Erörterungen die These der "Veränderbarkeit der Begabung durch Lernen" (SCHIEFELE und KRAPP 1973, S. 21) in ihrer Bedeutung für den lern-behinderten Sonderschüler mehr und mehr gesehen wird, herrscht in den didaktischen Ansätzen der Schule für Lernbehinderte noch immer die Auffassung einer im Schüler selbst zu suchenden Verursachung des Schulversagens vor. Darauf weist nicht zuletzt die hohe Übereinstimmung heutiger Methoden, Prinzipien, Inhalte und Ziele mit denjenigen hin, die zu dem Zeitpunkt aufgestellt worden sind, zu dem Lernbehinderung als primär anlagebedingtes Phänomen angesehen wurde. Dort wo (wie durch BACH)¹⁾ der an sich begrüßenswerte Versuch einer Differenzierung zwischen den Gruppen von Schülern mit unterschiedlich verursachtem Schulversagen auf Grund des Erfolgs in Förderprogrammen vorgenommen wird, muß die Anwendung solch einer Differenzierungsmethode optimale Methoden der Förderung voraussetzen. Wir glauben jedoch behaupten zu können, daß solch optimale Methoden so lange nicht angewandt werden können, so lange die Möglichkeit der exakten Bestimmung der Lernvoraussetzung der Schüler fehlt und didaktische Entscheidungen überwiegend intuitiv getroffen werden. So muß dem Anspruch der Sonderschule für Lernbe-hinderte, ihren Schülern die jeweils adäquate Hilfe ange-deihen zu lassen, mit großer Skepsis begegnet werden. Demgegenüber sollte die Möglichkeit besserer Förderung aller Schüler, besonders jedoch der durch ihre Umwelt benachteiligten, bei der Anwendung besser differenzierender - und von Beginn an auf die Ausgangslage der Schüler abgestimmter - Maßnahmen überprüft werden.

Die vorliegende Arbeit hat sich daher die Aufgabe gestellt, die gegenwärtige Lernorganisation der Schule für Lern-

1) Vgl. BACH 1971, S. 8 f.

behinderte zu überprüfen und Hinweise für das bisher ungelöste Problem einer echten inneren Differenzierung bei unterschiedlich bedingtem Schulversagen und unterschiedlichen Lernvoraussetzungen zu erhalten. Es sollen eventuell vorhandene Insuffizienzen gegenwärtiger Didaktik der Schule für Lernbehinderte mittels einer Analyse verschiedener didaktischer Ansätze aufgezeigt und mit Hilfe verschiedener empirischer Untersuchungen hinsichtlich ihrer Wirkung und Bedeutung überprüft werden. Beide Maßnahmen sollen zu einer Beseitigung schulisch bedingten Lernversagens führen.

Da dies nur durch eine komplexe Betrachtung der wichtigsten Entscheidungsfelder und nur mit Hilfe der Durchführung verschiedener Experimente möglich ist, müssen zum Aufbau der folgenden Darstellungen einige Ausführungen gemacht werden:

1. Die Arbeit hat die Aufgabe zu überprüfen, ob Schulversagen beziehungsweise mangelnder Lernerfolg durch didaktische Entscheidungen mitbedingt sein kann.
2. Es wurden solche didaktischen Entscheidungen ausgewählt, die primär die Organisation von Lernprozessen betreffen. Fragen der Zielsetzung beziehungsweise der Auswahl der Inhalte werden zunächst bewußt nicht umfassender angegangen, da diese erst nach einer genaueren Analyse der Leistung und der Leistungsfähigkeit jetziger lernbehinderter Sonderschüler unter gegenwärtigen und unter in unserem Sinne veränderten Bedingungen diskutiert werden können.
3. Da die gegenwärtige Leistung des Sonderschülers durch verschiedene didaktische Entscheidungen beeinflußt sein kann, sind zu verschiedenen Fragestellungen verschiedene empirische Untersuchungen notwendig. Diese Untersuchungen sollen mosaikartig ein Gesamtbild der Gültigkeit gegenwärtiger didaktischer Entscheidungen liefern.

4. Die Inhalte, an denen die Untersuchungen durchgeführt werden, dienen häufig nur als Medium: die Untersuchung der Bedeutung der Anordnung der Elemente für das komplexe Erfassen der Mächtigkeit von Mengen hat zum Beispiel innerhalb unseres Untersuchungsanliegens die Aufgabe, die diesbezüglichen Empfehlungen des Hessischen Bildungsplanes zu überprüfen und für einen möglichen Änderungsvorschlag eine bessere Anordnung aufzufinden; es wird dabei nicht einmal als Nebenziel angesehen, bestimmte Thesen der Wahrnehmungs- oder Gestalttheorien zu überprüfen. Infolgedessen wird auch in den theoretischen Vorüberlegungen auf eine vollständige Darstellung der den Untersuchungsstand berührenden Probleme verzichtet. Diese werden nur insoweit dargestellt, als sie für die Einordnung der jeweiligen Untersuchung in das Gesamtanliegen der Arbeit, für das Verständnis der Untersuchung selbst und für die Einschätzung der Bedeutung der Untersuchungsergebnisse für die Didaktik von Relevanz sind.
5. Fast alle Untersuchungen wurden zur Klärung weiterer, mit dem Anliegen unserer Arbeit nicht unmittelbar in Verbindung stehender Fragen komplexer angelegt, als dies für die Überprüfung unserer Fragestellungen und Hypothesen erforderlich gewesen wäre. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse werden nur dann aufgezeigt, wenn sie von allgemeinem Interesse und besonderer Relevanz für die Unterrichtspraxis sein können. Eine besondere Kommentierung dieser Ergebnisse erfolgt häufig nicht. Überhaupt sind die Ergebnisse einiger Untersuchungen nur im Zusammenhang mit den Ergebnissen weiterer Untersuchungen zu interpretieren; es wird daher auf die Gesamtbetrachtung der Ergebnisse verwiesen.

6. Bei der Überprüfung aller Hypothesen wurde versucht, die unter den gegebenen Voraussetzungen schärfsten Prüfverfahren einzusetzen. Da bei größeren Stichproben für die statistische Auswertung die Rechenanlage der Philipps-Universität Marburg in Anspruch genommen wurde und somit auf Programme zurückgegriffen werden mußte, war nicht immer der Einsatz des zunächst ausgewählten Prüfverfahrens möglich (Rangkorrelation bei einem $N > 800$, Wilcoxon-Wilcox-Test, spezielle varianzanalytische Verfahren).
7. Die Arbeit möchte im Interesse der Schüler zu einer Optimierung des Unterrichts beitragen. Sie kann ihr Ziel nur erreichen, wenn sie den Praktiker erreicht. Es wurde daher versucht, eine weniger methodenorientierte als problemorientierte Darstellung des Anliegens und der Ergebnisse zu geben. Des weiteren wurde versucht, eine fachspezifische abstrakte Sprache zu meiden, was nicht immer ohne Unschärfen möglich war.
8. Bei insgesamt elf darzustellenden Untersuchungen mit insgesamt etwa 3500 Probanden und etwa 600 000 Daten ist eine Aufnahme der Urlisten in den Anhang der Arbeit nicht möglich. Die Abblocklisten, die EDV-Protokolle und die Urlisten stehen den Interessenten ebenso zur Verfügung wie das gesamte Untersuchungsmaterial.
9. Die vorliegende Arbeit möchte die Gültigkeit gegenwärtiger didaktischer Konzepte der Schule für Lernbehinderte überprüfen. Dies ist nur möglich, wenn die Leistung und Leistungsfähigkeit von den Schülern überprüft wird, die nach diesen Konzepten unterrichtet werden. Wenn wir also von Lernbehinderten sprechen, sind damit notwendig - unabhängig von unserer sonstigen Einstellung zu diesem Begriff (vgl. S.27f) - die Schüler bezeichnet, die eine Schule für Lernbehinderte besuchen und diesen didaktischen Maßnahmen ausgesetzt sind.

1. Die Beseitigung gesellschaftlicher Randständigkeit als Aufgabe der Schule für Lernbehinderte

1.1. Die Institution Schule produziert bei benachteiligten Schülern gesellschaftliche Randständigkeit

Es wird wohl niemand begründet in Frage stellen wollen, daß Menschen in verschiedenen Fähigkeitsbereichen unterschiedliche Leistungen aufweisen können. Diese triviale Feststellung beinhaltet zum einen das Eingeständnis und Erkennen einer nicht unbedingt als Nachteil empfundenen Eigenart menschlicher Existenz. Wir haben uns daran gewöhnt, daß die Leistungen in den verschiedensten Fähigkeitsbereichen um Mittelwerte streuen und somit mehr oder minder große Abweichungen von diesen Mittelwerten die Regel darstellen. Die je besondere Konstellation der je verschiedenen Ausprägungen der einzelnen Fähigkeitsbereiche und Merkmale macht ja unter anderem das Spezifische jeweiliger Individualität aus: Man spricht von besonderen Begabungen und eventuell gar "liebenswürdigen Schwächen", die eine Person X aufzuweisen hat und die diese Person charakterisieren.

Abweichungen von einem Leistungsmittelwert werden jedoch dann nicht mehr als belanglose Spielart individueller Merkmalsausprägung gesehen, wenn durch sie ein bestimmter Normbereich vor allem in den Fähigkeiten unterschritten wird, die in unserer Gesellschaft und in unserem Kulturkreis eine besondere Wertschätzung genießen. Zu ihnen zählen allgemein jene Grundfähigkeiten, die den Erwerb der Techniken und Verhaltensweisen begünstigen, deren die Gesellschaft zur Erhaltung und Weiterentwicklung des gegenwärtigen Lebensstandards und der gegenwärtigen Kultur bedarf.

Eine Normunterschreitung in diesen Fähigkeiten durch die einzelnen Mitglieder bedeutet für die Gesellschaft eine

Bedrohung ihrer Fortentwicklung. Deshalb ist sie bestrebt, einen solchen Zustand zu meiden. Die zum Zwecke der Förderung und Entwicklung der Fähigkeiten ihrer Mitglieder (formaler Bereich) und zur Überlieferung des Kulturgutes (materialer Bereich) geschaffene Institution "Schule" bietet dem Schüler die Möglichkeit, normgerechtes Verhalten und damit zugleich gesellschaftliche Anerkennung sowie eine gewisse soziale Sicherheit zu erwerben. Sie schafft dadurch jedoch notwendig auch die Möglichkeit, die Erwartungen nicht erfüllen zu können und den Ansprüchen des an der Norm orientierten sogenannten Bildungsganges nicht zu genügen.

Die ontologische Differenz zwischen Sein und Sollen, zwischen individueller Leistung und gesellschaftlicher Erwartung und das dadurch bewirkte Gefühl einer Insuffizienz wird spätestens bei der Zurückstellung vom Schulbesuch, bei der Umschulung von Klassenkameraden in weiterführende Schulen, bei der Mitarbeit in den unteren Leistungs- (Niveau-)gruppen und am gravierendsten bei der Einweisung in eine Sonderschule deutlich.

Ohne eigenes Verschulden wird ein in solcher Situation sich befindender Schüler zwangsläufig in eine Randständigkeit gedrängt, die nicht nur soziale Deprivation bedeutet, sondern auch psychische Belastung bewirken kann, immer aber eine Einschränkung persönlicher Freiheit zur Folge hat.

Abgesehen davon, daß die durch diese Situation hervorgerufenen psychischen Schäden und die aus ihnen sich ergebenden zusätzlichen Beeinträchtigungen des Arbeits- und Lernverhaltens gesellschaftlich bedingte Hemmnisse auf dem Weg zu den von der Gesellschaft selbst gesetzten Zielen darstellen, muß jeder Staat, der auf einer freiheitlich-demokratischen Ordnung beruhen will oder zu beruhen glaubt und gleiches Recht auch im Bereich der Bildung in der Verfassung garantiert, bemüht sein, jedem Mitglied zur Nutzung dieser Freiheit zu verhelfen. Dies ist jedoch nur dann gewährleistet, wenn jedem Individuum die Möglichkeit zur optimalen Entwicklung der zur Bewältigung von Lebenssitua-

tionen erforderlichen Fähigkeiten gegeben wird, wobei die Fähigkeiten, die dem Erwerb der sogenannten Kulturtechniken und der Anpassung an die bestehende Kultur dienen, nur einen Bereich ausmachen. Erst mit der Fähigkeit

- zur bewußten Verfügung über die Kulturtechniken im weitesten Sinne (als Werkzeuge, Medien) bei der bewußten Erhaltung oder Veränderung des Bestehenden,
- zur Bildung eigener Zielvorstellungen,
- zur Einsicht in die Abhängigkeit dieser Zielvorstellungen von äußeren Einflüssen und
- zur Durchsetzung derselben unter Berücksichtigung gegebener - unter Umständen wiederum veränderbarer - Situationen sowie unter Beachtung der für das Zusammenleben von Menschen unabdingbaren Ordnungen

wird der einzelne Mensch Abhängigkeiten gezielt auf- oder abbauen können und frei sein.

Eine solche Freiheit ist jedoch dort nicht zu erreichen, wo durch gesellschaftlichen Anlaß (Einrichtung der nach einem einheitlichen Ziel und Lehrplan ausgerichteten Schule, die auf individuelle Voraussetzungen nicht die erforderliche Rücksicht nimmt) und gesellschaftlichen Zwang (Überweisung in eine Sonderschule) von Beginn an Randständigkeit gegeben ist beziehungsweise produziert wird.¹⁾ Gerade Schüler der Schule für Lernbehinderte mußten und müssen durch ihre täglichen Mißerfolgserlebnisse während des Besuchs der Grundschule sowie durch ihre Diskriminierung als Besucher der Sonderschule nach ihrer Umschulung solche Randständigkeit erleben. In Kenntnis dieses Tatbestandes war und ist es ein Anliegen bemühter Pädagogen, diese Situation abzubauen. Dabei wurden bisher vor allem vier Wege vorgeschlagen und teilweise beschritten. Sie sollen im folgenden kurz aufgezeigt und erläutert werden.

¹⁾ Vgl. die Ergebnisse entsprechender Untersuchungen, die von BEGEMANN 1968 (S. 28 f) referiert werden.

1.2. Bisherige Lösungsvorschläge zur Beseitigung gesellschaftlicher Randständigkeit

Unter den bisherigen Lösungsvorschlägen zur Beseitigung sozialer Randständigkeit lassen sich vier Ansätze erkennen:

1.2.1. Vorschlag 1:

Der Abbau der Leistungsgesellschaft

These:

Die Gesellschaft ändert grundsätzlich ihre bisherige Auffassung einer notwendigen Erhaltung oder Weiterentwicklung gegenwärtiger Kultur und gegenwärtigen Lebensstandards; sie versteht sich nicht mehr als Leistungsgesellschaft.

Dieser gerade in letzter Zeit wiederholt vertretene Ansatz muß unseres Erachtens als nicht in die Praxis umsetzbar bezeichnet werden, da keine Gesellschaft ohne eine mehr oder minder starke Betonung des Leistungsprinzips denkbar ist und auch Gemeinschaften auf niedriger Kulturstufe ohne Leistung nicht existieren können. Außerdem würde die Hintanstellung oder gar die Negierung des Leistungsprinzips dem oben dargestellten Verständnis von Freiheit widersprechen.

Wie sehr man nicht nur in unserer Gesellschaftsform auf Leistung angewiesen ist, zeigen Ausführungen W. ULBRICHTS, der der Meinung ist, "daß jeder Bürger unseres Staates (nämlich der DDR, Anmerkung d. Verf.) während seines ganzen Lebens lernt und seine Kenntnisse und Fähigkeiten entsprechend den gesellschaftlichen Erfordernissen vervollkommenet" (W. ULBRICHT, S. 84, zit. bei B. BRÖSE 1971, S. 13). LOMPSCHER führt hierzu an: "Die Entwicklung der sozialistischen Gesellschaft schafft ... die objektive Notwendigkeit der verstärkten

Entwicklung geistiger Fähigkeiten, da jedes Mitglied der Gesellschaft mitarbeiten, mitplanen und mitregieren soll" (LOMPSCHER 1963, S. 12). Wenngleich unsererseits die absolute und einseitige Einstellung des Individuums auf die Anforderungen der Gesellschaft fragwürdig zu sein scheint, weist insbesondere die Aussage LOMPSCHERS auf den oben aufgezeigten engen Zusammenhang zwischen Fähigkeitsbildung und demokratischer Mitarbeit beziehungsweise Mitbestimmungsfähigkeit, letztlich zwischen Fähigkeitsbildung und Emanzipation hin. Letztere ist jedoch eben nur dann möglich, wenn einer Anpassung und Ausrichtung auf gesellschaftliche Ansprüche durch die Erziehung zur Freiheit, das heißt durch die Bildung und mögliche Nutzung individueller Entscheidungsfähigkeit eine kontrollierende Instanz entgegengesetzt wird.¹⁾ Es wird später in diesem Zusammenhang allerdings noch die Frage gestellt werden müssen, ob Schüler der Schule für Lernbehinderte zu diesem Ziel geführt werden können.

1.2.2. Vorschlag 2:

Die Schule als gesellschaftlich anerkannter
Schonraum für Behinderte

These:

Die Gesellschaft bejaht zwar insgesamt den Leistungsgedanken, versucht aber um Verständnis für die Mitglieder zu werben, die nicht den erwarteten Beitrag zum "Gemeinwohl" leisten können und eines gewissen Schonraums bedürfen.

Eine von diesem Grundgedanken geleitete Sonderschule wird notwendig Leistungsanforderungen zurückstellen und besonderen Wert auf den Abbau psychischer Störungen mit Hilfe spezieller heilpädagogischer und therapeutischer Maßnahmen legen. Die "Schule als Schonraum" hat gleichsam die Aufgabe, dem Schüler unter Abschirmung widriger äußerer Einflüsse die Möglichkeit zur Selbstfindung zu geben und ihm das Erlebnis einer mit Verständnis und Hilfe reagierenden Umwelt zu vermitteln.

¹⁾ Dieser Tatbestand ist durch den hessischen Ansatz der Curriculumrevision deutlich aufgezeigt worden.

Ohne hier bereits auf das später noch zu kritisierende "Schonraum-Konzept" einzugehen, kann diesem Ansatz jedoch schon alleine im Hinblick auf das für die Verwirklichung dieses Ansatzes notwendige Werben um Verständnis der Bevölkerung für die besondere Situation dieser Schüler nach bisherigen Erfahrungen eine nur geringe Erfolgchance eingeräumt werden. Trotz jahrelanger Bemühungen haben noch immer gerade die Schüler der Schule für Lernbehinderte gegen eine Diskriminierung durch die breite unaufgeklärte Bevölkerung zu kämpfen. So ist nach BLEIDICK "der Anlaß zur neuen Kennzeichnung der Hilfsschüler als Lernbehinderte ... ein schulpolitisches Motiv. Die negative Etikettierung der Hilfsschule als "Dummschule" hat über Jahrzehnte hinweg die Diskussion belebt, wie man durch die Wahl eines weniger besetzten neutralen Wortes dem diffamierenden Ruf der Hilfsschule entgegen könne" (BLEIDICK, Enzyklopädisches Handbuch der Sonderpädagogik, Bd.III, 1969, Sp. 3922).¹⁾

An anderer Stelle schreibt BLEIDICK: " Der kulturkritisch bedenkliche Makel, der der Hilfsschule mit der Diskriminierung ihrer Kinder anhaftet und der auch durch eine Umbenennung nicht aus der Welt zu schaffen ist, sollte weniger durch die Betonung volksschulähnlicher Leistungsbestrebungen und vermeintlicher sozialer Prestigegewinne behoben werden" (BLEIDICK/HECKEL 1969, S. 9).

BLEIDICK spielt damit auf Bestrebungen an, die wesentlich tiefgreifender im Kampf gegen Diskriminierung der Sonderschüler zur Veränderung der Sonderschulen als die erwähnten Maßnahmen beitrugen und die den dritten Lösungsvorschlag darstellen.

¹⁾ Vgl. P O H L 1971, S. 100

1.2.3. Vorschlag 3:

Die Sonderschule für Lernbehinderte als Leistungsschule

These:

Lernbehinderte verfügen zwar insgesamt über eine geminderte Leistungsfähigkeit, mit Hilfe spezieller Methoden können sie aber soweit gefördert werden, daß sie in ihrer Umwelt nicht auffällig werden. ¹⁾

Dieser mit dem Begriff des "Strukturwandels" und dem Schlagwort "Sonderschule als Leistungsschule" eng verbundene Lösungsvorschlag geht von der Überlegung aus, daß Sonderschüler durch ihre Minderleistungen und ihre besonderen Verhaltensweisen erkennbar werden. Daher muß es Ziel der Schule sein, die Schüler mit Hilfe präziser Methoden "an Leistungshöhen und Verhaltensweisen heranzuführen, die sie später nicht mehr auffällig werden lassen" (HOFMANN, S. 681).

Dieses Streben nach bestmöglicher Anpassung an gegebene Verhältnisse und Normen, nach Überbrückung bestehender Leistungsschwächen mit Hilfe spezieller Unterrichtsprinzipien hat unseres Erachtens jedoch bisher nicht den erwünschten Erfolg verzeichnen und die Größe der Gruppe der Randständigen kaum merklich verringern können, wie etwa die Statistiken des Berufserfolgs ehemaliger lernbehinderter Sonderschüler in verschiedenen Bundesländern zeigen. Wichtig erscheint hier noch die Bemerkung, daß der vorliegende Ansatz nach bisheriger Auffassung notwendig in einem Widerspruch zu mehr heilpädagogisch-anthropologisch ausgerichteten Konzepten steht - daß dieser Widerspruch nicht unauflöslich zu sein scheint, soll im Verlaufe der weiteren Überlegungen noch gezeigt werden. Es bleibt zunächst die Feststellung, daß

¹⁾ Vgl. hierzu die Ausführungen von KLAUER 1967, S. 31 f.

die beiden Ansätze einer Schule für Lernbehinderte als Schonraum beziehungsweise einer Schule als Leistungsschule unseres Erachtens jedoch Mängel enthalten und in ihrer heutigen Form nicht zum Abbau der Diskriminierung und der Randständigkeit der Schüler beitragen können.

1.2.4. Vorschlag 4:

Änderung der Schulorganisation

These:

Durch eine verstärkte innere Differenzierung und die Einrichtung von Niveaunkursen können die Schüler allgemein besser gefördert werden. Für leistungsschwache Schüler besteht die Möglichkeit zur Mitarbeit in den unteren Kursen - ein Aussondern in besondere Schulen ist nicht erforderlich, Diskriminierung und soziale Randständigkeit werden dadurch abgebaut beziehungsweise gemindert.

Dieser Ansatz ist eng verbunden mit dem Konzept der Gesamtschule. Um zu den diesbezüglichen Absichten jedoch Stellung nehmen zu können, ist es notwendig, den Vorgang des Aussonderns kurz näher zu beschreiben.

Aussondern bedeutet das Herauslösen aus einer "Norm"-Gruppe und das Zuordnen zu einer hinsichtlich eines oder mehrer Merkmale außerhalb der Norm sich befindenden Gruppe. Aussondern ist daher zunächst ein äußerlich sichtbarer Vorgang, der vor allem im Bereich der Schule durch äußere Differenzierung offenkundig und oft durch eine besondere Bedürftigkeit ("Sonderschulbedürftigkeit"), der es zum Wohl des Schülers nachzukommen gilt, begründet wird. Dabei bleibt oft unerkannt, daß diese Bedürftigkeit häufig nicht ein a priori gegebenes, sondern auch ein gesellschaftlich bedingtes, durch die Erstellung von Normen erst mögliches Phänomen ist.

Aber auch das, was als innere Differenzierung verstanden und gefordert wird, bedeutet unter Umständen ein Aussondern im negativen Sinn. Von diesem Blickwinkel her gesehen, werden durch die Gesamtschule mit ihren Niveauebenen jetziger Konzeption zwar die Maßnahmen vermieden, die bisher für jedermann sichtbar zu einem Einweisen in eine besondere Schule führten, jedoch die sogenannte innere Differenzierung bleibt als Aussonderungsmechanismus mit allen bekannten negativen Folgeerscheinungen für den Schüler bestehen. Dieser Mechanismus ist solange vorhanden, solange diese Schule nicht zur teilweise ebenfalls intendierten Auflösung der Klassenverbände kommt, solange Lernziele oder Inhalte bestimmten Altersstufen zugeordnet werden, solange Leistung alleine an der Norm¹⁾ orientiert ist.

Damit sind wir bei Fragen angelangt, die dem engeren didaktischen Bereich zuzuordnen sind. Es kann somit unseres Erachtens ohne Einschränkung gefolgert werden, daß die Lösung des eingangs gestellten Problems nur durch eine Änderung der Konzeptionen dieses Bereichs möglich ist, da - wie obige Überlegungen darlegen - durch andere Bemühungen keine Hilfe zu erwarten ist. Im folgenden soll daher die Situation gegenwärtiger Didaktik der Schule für Lernbehinderte dargestellt, daran anschließend ein Neuansatz "sonderpädagogischer Didaktik" kurz skizziert und damit ein möglicher Weg zur Verminderung der Zahl der Sonderschüler und der Größe randständiger Gruppen aufgezeigt werden.

¹⁾ Leistung wird hier weniger in Abhängigkeit von der Norm als in Abhängigkeit von den dem Schüler gegebenen Möglichkeiten gesehen, wobei diese gegebenen Möglichkeiten wiederum als weitgehend veränderbare, auf die (Lern-) Situation des Schülers abstimmbare Lernbedingungen verstanden werden.

2. Die Revision gegenwärtiger allgemeiner didaktischer Konzepte der Schule für Lernbehinderte als unabdingbare Voraussetzung des Abbaus der Randständigkeit der Schüler
-

- 2.1. Zur gegenwärtigen Situation der Didaktik i. e. S. der Schule für Lernbehinderte

Eine Analyse gegenwärtiger Ansätze einer Didaktik der Schule für Lernbehinderte empfiehlt aus methodischen Gründen zunächst eine nähere Bestimmung des Begriffs der Didaktik. Diese Begriffsbestimmung sollte vom Standpunkt der allgemeinen Ansätze aus erfolgen, da sich von hier aus unter Umständen bereits eine Bedeutungsverschiebung des Begriffs bei seiner Anwendung im Bereich der Schule für Lernbehinderte aufweisen läßt.

Wie bereits vielfach festgestellt werden konnte (vgl. HUISKEN 1972, KLAFKI 1971, BLANKERTZ 1968), ist das Unterfangen einer Definition des Begriffs "Didaktik" jedoch mit teilweise unüberbrückbaren Schwierigkeiten verbunden, da er für verschieden weit gefaßte und unterschiedlich orientierte allgemeine Ansätze und Modelle den Leitbegriff darstellt.

Hinsichtlich der Weite der Fassung muß hier zwischen Ansätzen unterschieden werden, die inhalts-, struktur- und zielorientierte Fragen zum Mittel- und Ausgangspunkt ihrer auf die Unterrichtspraxis bezogenen Erörterung machen und - gegenpolig - solchen, die alle Faktoren, die den Lernprozeß beeinflussen, erfassen und unter wissenschaftliche Kontrolle bringen wollen. Die Weite der Fassung des Begriffs in der Vertikalen ist abhängig von den sie bedingenden theoretischen Ansätzen in der

Horizontalen. Diese bewegen sich zwischen dem bildungstheoretischen didaktischen Ansatz ("Primat der Didaktik i.e.S.") einerseits und der pädagogischen Auswertung der Informationstheorie andererseits.

Gehen wir von der vertikalen Untergliederung aus, so lassen sich nach KLAFFKI folgende unterschiedlich weit gefaßte Definitionen beziehungsweise Umschreibungen des Begriffs "Didaktik" finden:

- "1. Didaktik als Wissenschaft vom Lehren und Lernen überhaupt ...
 2. Didaktik als Bildungslehre im umfassenden Sinne ...
 3. Didaktik als Wissenschaft vom Unterricht ...
 4. Didaktik als Theorie der Bildungsinhalte, ihrer Struktur und Auswahl beziehungsweise als Theorie der Bildungskategorien ... "
- (KLAFFKI 1971, Sp. 229).

Der Versuch, die bestehenden Ansätze einer Didaktik der Schule für Lernbehinderte den genannten Kategorien zuzuordnen, erweist sich als schwierig, da das Spezifische dieser Ansätze in keiner der genannten Definitionen enthalten ist. Leichter gestaltet sich das Unterfangen, wenn im Sinne Klafkis zwischen einer "Didaktik im engeren Sinne" und einer "Didaktik im weiteren Sinne" unterschieden wird und wir uns somit auf die horizontale Klassifizierungsebene begeben. Ebenso wie im Bereich der Allgemeinen Didaktik lassen sich Ansätze erkennen, die primär Fragen der Inhaltsauswahl und der Zielsetzung in den Mittelpunkt stellen. Als bedeutendster Vertreter muß hier KLAUER genannt werden, der mittels einer "Pädagogik der Vorsorge" (KLAUER) auf Grund der reduzierten Lernfähigkeit der lernbehinderten Schüler alle die Inhalte in der Schule vorwegnehmen will, deren der Schüler in seinem späteren Leben bedarf (vgl. KLAUER 1968 , S.46 f).

Wesentlich häufiger als die mit diesem Ansatz verbundenen Fragen werden in der Literatur jedoch solche Themen diskutiert, in denen das zentrale Anliegen, das Unterrichten so zu präzisieren ("Präzisionsmethodik", BLEIDICK), daß

das allgemeine in der Landesverfassung verankerte Bildungsziel trotz erschwelter Bedingungen doch noch erreicht werden kann (vgl. BLEIDICK / HECKEL 1968, S.41), im Vordergrund steht.

Die besondere Gewichtung methodischer Fragen, die von LESEMANN begründet und als Eigentümlichkeit "sonderpädagogischer Didaktik" (LESEMANN) dargestellt wird (LESEMANN 1960, S. 535 ff.) ist auch bei den Autoren vorzufinden, die sich den bildungstheoretischen didaktischen Ansätzen und dem Primat der Didaktik i.e.S. verpflichtet fühlen (vgl. BLEIDICK / HECKEL 1968).

Die Darstellung und Diskussion der Unterrichtsprinzipien, die als methodisches Erfordernis bei bestimmten Leistungsausfällen der Schüler anzusehen sind, nimmt in diesen Ansätzen einen breiten Raum ein. Es läßt sich feststellen, daß bezüglich der Auswahl und der Gewichtung dieser Prinzipien eine weitgehende Übereinstimmung herrscht, was - wie KLEIN (1971) nachweisen konnte - durch eine mehr oder minder einheitliche Meinung bezüglich der besonderen Leistungsausfälle der Kinder (vgl. BACH 1971, BLEIDICK 1965, SCHADE 1962) und der Konstanz der Behinderung begründet ist. Eine andere Situation stellt sich dar, wenn man den Bereich der inhaltlichen Entscheidungen etwas genauer analysiert.

In diesem engeren didaktischen Bereich sind praxisrelevante, allgemein anerkannte Diskussionsergebnisse nur sehr spärlich vorzufinden, vielmehr ist eine sich in den Lehrplänen niederschlagende Unsicherheit (vgl. BLEIDICK / HECKEL 1968, S. 43, GEHRECKE 1971, S. 66) unverkennbar. Diese läßt sich insbesondere bei einer Analyse der Bildungspläne bezüglich der Intention der einzelnen Fachgebiete nachweisen. So reichen zum Beispiel die Ziele des Rechenunterrichts von einer Beherrschung der schriftlichen Rechenverfahren in den vier "Grundrechenarten" im Zahlraum bis 1000 (BLEIDICK / HECKEL 1968,

S. 134) bis hin zur Erfassung der Struktur mathematischer Bezüge und deren Anwendung und Durchdringung im Zahlbereich bis unendlich (Richtlinien des Landes NRW, 1973).

Obwohl KLAUER und BLEIDICK die gegenwärtig bestehenden Lehrpläne als mit zuviel Ballast versehene "Maximallehrpläne" kritisieren, wurde unter ihrer Leitung in Nordrhein-Westfalen ein Lehrplan erstellt, der zumindest im mathematischen Bereich den bisherigen Inhaltskatalog der Lehrpläne weit übertrifft und der den von BLEIDICK an anderer Stelle (1968 und 1975) erhobenen Forderungen der Reduzierung der Inhalte widerspricht.

Diese divergierenden und sich widersprechenden Meinungen scheinen auf eine fehlende Kenntnis dessen zurückzuführen sein, was verschiedenen Gruppen von Kindern bei verschiedenen Ausfällen und "Restfähigkeiten" (BLEIDICK) zugemutet werden kann, was solche Kinder überhaupt zu leisten vermögen und was diese später einmal "brauchen". Gerade die Vorstellungen über deren späteren Lebensrahmen aber beeinflussen die didaktischen Entscheidungen im Bereich der Schule für Lernbehinderte oft entscheidend. So ist die von KLAUER vorgeschlagene und von BLEIDICK als einengend abgelehnte inhaltliche Orientierung am späteren Lebensrahmen mehr oder minder auch bei allen Lehr- und Bildungsplänen der Bundesländer zu erkennen, und der von KLAUER zu Recht kritisierte "dekapitierte Volksschullehrplan" (KLAUER 1968, S. 23) hat wohl bisher noch keinen theoretisch ausreichend begründeten und empirisch fundierten Ersatz gefunden.

Wir stellen also fest, daß die den engeren didaktischen Bereich betreffenden Meinungen trotz einer relativ einheitlichen Ausgangsbasis bezüglich des Schülerbildes bei der theoretischen Erörterung weit divergieren, in der Praxis jedoch zumeist zu dem Ergebnis reduzierter Anforderungen an den Schüler führen. Wesentlich ist hierbei, daß alle Entscheidungen vorwiegend hypothetischen Charakter tragen;

das Fehlen einer empirischen Forschung - sie ist neuerdings bei den unter der Formel "Curriculumentwicklung" zusammengefaßten Bemühungen ansatzweise erkennbar - macht sich sehr nachteilig bemerkbar. Diese Feststellung ist für den Bereich der Schule für Lernbehinderte umso erstaunlicher, wenn man bedenkt, daß KLAUER gerade hier seit langer Zeit eine empirische Lehrplanforschung als notwendig erkannt hat (1967, S. 54 ff).

Die Ursache für das hier festgestellte weitgehende Fehlen empirischer Forschung mit den für unsere Schüler teilweise nicht mehr länger zu verantwortenden Auswirkungen scheint nicht nur in forschungsmethodischen Problemen zu liegen, sondern zumindest in gleichem Maße durch das sich wohl von Autor zu Autor in Einzelheiten zwar unterscheidende, insgesamt aber weitgehend erhärtete Bild der Leistungsfähigkeit und des späteren "Lebensrahmens" unserer Schüler bedingt zu sein. Diese einheitliche Auffassung ließ eine systematische Erforschung des Zusammenhangs von Leistung und Leistungsfähigkeit, der gegenseitigen Bedingung von Methode und Leistung und umgekehrt gar nicht aufkommen. Weiterhin muß bemerkt werden, daß die Sonderschule, die lange Zeit ihre Existenz vor allem ethisch und ökonomisch begründete, durch ihre gesellschaftskritische Abstinenz dem Schüler eine festgelegte Rolle in dieser Gesellschaft aufoktruiert hat, wodurch sie direkt oder indirekt zur bewußten oder unbewußten Erhaltung des status quo beiträgt.¹⁾

Die intuitivendidaktischen Entscheidungen einerseits und die Unsicherheit der Einschätzung der Möglichkeiten der Schüler als jetzige und künftige Mitglieder der Gesellschaft andererseits zeigen die Fragwürdigkeit bisherigen Bemühens im engeren didaktischen Bereich deutlich auf. Die zentrale Bedeutung dieser Felder für eine Assimilation und Akkommodation des Sonderschülers jedoch lassen die

1) Eine recht verstandene Normenkritik im Sinne der Berliner Schule wäre auch bei den Unterrichtsanalysen und -planungen in der Sonderschule angebracht.

Forderung nach einem Umbr der Didaktik der Schule
für Lernbehinderte als ein Gebot der Stunde erscheinen.

Diese Forderung erkennt die Leistungen bisheriger
"Didaktiker" ebensowenig, wie die komplizierten und
nur in langer, gemeinsamer Arbeit zu lösenden Aufgaben
einer "neuen Didaktik" (Curriculumrevision).

Es ist außerdem bekannt, daß gerade in neuerer Zeit
publizierte Beiträge von MÖCKEL / Klein (1971), BEGEMANN
(1968), KANTER (1970), BLEIDICK u.a. von verschiedenen
Standpunkten aus auf die Notwendigkeit einer Änderung
didaktischer Praxis zwingend schließen beziehungsweise
schließen lassen, die Forderung nach einem Umbruch der
Didaktik also auch nicht als neu angesehen wird. An die-
ser Stelle soll jedoch versucht werden, das Anliegen
einer Revision durch weitere Aspekte zu erhärten und
außerdem dadurch in Realität umzusetzen, daß ein unseres
Erachtens praktikables und bereits erprobtes Konzept
unterbreitet wird.

2.2. Strukturorientierter Unterricht als möglicher Neuansatz

2.2.1. Begründung des Ansatzes - abgeleitet aus der Kritik heutigen Verständnisses des Sonderschülers und der daraus resultierenden inhaltlichen und methodischen Entscheidungen

Das hier zu unterbreitende Modell ist im wesentlichen durch eine zweifache Kritik gegenwärtiger Praxis begründet. Diese bezieht sich

1. auf das bisherige Bild der Leistungsfähigkeit von Sonderschülern und
2. auf die durch den gegenwärtigen Lehrplan festgelegte Einengung der Lernmöglichkeiten.

Zu 1. Verständnis heutiger Sonderschüler als Sperre zu einer möglichen Emanzipation

Sonderschüler haben in zahlreichen Querschnittuntersuchungen gezeigt, daß sie in vielen Bereichen eine geringere Leistung aufweisen als die übrigen Schüler - ein Umstand, der ja auch zum Versagen in der Grund- und Hauptschule geführt hat. Um bei diesen Schülern das allgemeine Erziehungsziel erreichen oder sich ihm annähern zu können, bedarf es - wie bereits oben erwähnt - nach bisheriger Auffassung einer speziellen Gestaltung des Unterrichts (BACH 1971, S. 16), einer "Präzisionsmethodik" (BLEIDICK 1963), besonderer Unterrichtsprinzipien, die als unterrichtsmethodisches Komplement (KLEIN 1971, S.9) für bestimmte Ausfälle angesehen werden können. Je größer der Ausfall, desto mehr muß nach allgemeiner Ansicht im Unterricht auf ihn Rücksicht genommen werden, will man Frustration vermeiden und das Bewußtsein des Leistungsversagens nicht noch steigern. Diese in sich schlüssige Argumentation

begeht jedoch einen verhängnisvollen Fehler beim Feststellen der Voraussetzungen: die in Querschnittuntersuchungen ermittelten Leistungsunterschiede und Leistungsausfälle stellen nicht notwendig ein Maß für eine unterschiedliche Leistungsfähigkeit dar, sondern sind zumindest bei großen Gruppen unserer Schüler allenfalls Zeichen für eine unterschiedliche Förderung in den ersten Lebens- und Schuljahren. Darauf weisen unter anderem die Ergebnisse der Begabungs- und Sozialisationsforschung hin. Infolgedessen darf die Schule für Lernbehinderte nicht von der Annahme fester, irreparabler Behinderungen ausgehen, sondern muß nach didaktischen und methodischen Möglichkeiten einer Nachförderung suchen.²⁾ Damit wird jedoch auch offensichtlich, daß gerade eine strikte Einhaltung bestimmter Unterrichtsprinzipien eine sehr fragwürdige Maßnahme sein kann, da durch sie unter Umständen die durch mangelnde Entwicklungsreize der Umwelt in der Vorschulzeit geminderte Leistung auch in der Schule nicht gefördert und der Abstand zur Gruppe der Grund- und Hauptschüler noch größer wird.

So ist denkbar, ja sogar wahrscheinlich, daß zum Beispiel die Prinzipien der kleinsten Schritte, der Beseitigung der Lernschwierigkeiten sowie der Anschauung durch alle Sinne einer Entwicklung des logischen und abstrakten Denkens entgegenstehen¹⁾. Infolgedessen ist es auch gar nicht verwunderlich, wenn in Querschnittuntersuchungen ein besonderer Ausfall der Sonderschüler etwa hinsichtlich des mathematisch-logischen Denkens festgestellt wird. Hier gesellt sich zu der durch das häusliche Milieu bedingten Schädigung eine schulisch organisierte Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit. Dieses durch Fehlinterpretation von Querschnittuntersuchungen und durch daraus abgeleitete inadäquate

¹⁾ vgl. hierzu vor allem die überzeugenden Ausführungen von KANTER (1970, S. 262 ff.) KLEIN (1971, S. 10)

²⁾ Vgl. BIRKEL A: Der naturkundliche Unterricht, Villingen 1969, S. 5 ff., KANTER 1970, S. 255

didaktische Maßnahmen zusätzlich sich verstärkende Zurückbleiben nicht nur der durch die Umwelt benachteiligten, sondern auch der organisch geschädigten Kinder trifft gerade jene Leistungen, die Selbstbestimmungsfähigkeit, Urteilsfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit, Denkfähigkeit - insgesamt emanzipatorisches Verhalten ausmachen¹⁾. Nach unserer Auffassung muß die Sonderschule, wenn sie sich nicht des schwerwiegenden Vorwurfs der bewußten Intention einer Nur - Anpassung aussetzen möchte, alle zur Verfügung stehenden Mittel und Möglichkeiten nutzen, den Weg zu diesen Zielen zu ebnen. Diese Forderung wird umso dringlicher, wenn man das bisherige Ausgehen von falschen Prämissen, die heute noch völlig unzureichende Abstimmung von Inhalten (Elementen) auf den Entwicklungsstand der Kinder (in heutiger Fächerung gar nicht möglich!), sowie die intuitiven und damit ihres Wirkungsgrades weitgehend beraubten didaktischen Entscheidungen einerseits bedenkt und andererseits um die Bedeutung gerade jener Ziele für den Menschen in der heutigen Gesellschaft weiß.

Zu 2. Kritik der Inhalte und des Aufbaus des Lehrplans

Nicht nur die aus einem fraglich erscheinenden Leistungsbild des Sonderschülers abgeleiteten methodischen Maßnahmen beeinträchtigen den Schüler in der Entwicklung seiner Leistungsfähigkeit, sondern auch die inhaltlichen Entscheidungen. Hier können vor allem zwei Argumente geltend gemacht werden:

1. Erinnern wir uns der Tatsache, daß inhaltliche Entscheidungen bisher hypothetisch gefällt werden müssen: hierdurch besteht nicht nur die Gefahr einer einseitigen

¹⁾ Unter Emanzipation verstehen wir mit GAMM (1970, S.242): ... "soziale Prozesse, die dem Abbau von Fremdbestimmung für eine Vielzahl von Gruppen dienen, indem historisch überkommene Vorurteile, Bindungen und Beschränkungen aufgehoben werden, so daß der Spielraum an Eigenverantwortung bei ihnen wächst. Der Begriff der Emanzipation steht unter der Prämisse vollständiger Gleichberechtigung aller Individuen ..."

gen Festlegung des späteren Lebensrahmens, aus dem zu entfliehen für den Schüler nur geringe Chancen bestehen, diese Praxis beeinflusst ebenso sehr den gesamten Lernprozeß und das Lernverhalten negativ. Es scheint offenkundig, daß diese hypothetisch getroffenen inhaltlichen Entscheidungen unzureichend auf den Leistungsstand des Schülers abgestimmt werden können und damit Über- und Unterforderungen die Regel darstellen. Es ist verständlich, daß damit eine negative Einstellung zur Schule begünstigt wird, weil Mißerfolgserlebnisse ¹⁾ die notwendige Folge sind.

Diese können nur dann vermieden werden, wenn für jeden einzelnen Schüler entschieden werden kann, welche Strukturen, welchen Inhalt er zu erfassen in der Lage ist und welche Inhalte von ihrer Struktur her den nächst höheren Schwierigkeitsgrad darstellen und somit die Wahrscheinlichkeit zur Weiterentwicklung des jeweiligen Fähigkeitsbereichs in sich bergen ²⁾. Eine solche Möglichkeit wird nicht durch einen Lehrplan im herkömmlichen Sinne geboten, sondern nur durch einen Strukturaufbau innerhalb der verschiedenen Fähigkeiten ansprechenden Fachgebiete und Themenkreise. Durch die Arbeit mit einem Strukturaufbau wird der Schüler gleichsam von Erkenntnisplateau zu Erkenntnisplateau geführt, wobei der Schüler jeweils von dem

1) Mißerfolgserlebnisse können nicht, wie dies in der Sonderschule geschieht, dadurch beseitigt werden, daß die Anforderungen reduziert werden, weil dies einer direkten Minderung der Leistung und somit wieder zu Mißerfolgen selbst bei reduzierten Anforderungen führen würde. Dies ist nur durch Abstimmung der Inhalte auf das Leistungsvermögen der Schüler möglich, wobei die Struktur (der Gehalt, das Elementare) des Inhalts so beschaffen sein muß, daß sie eine fähigkeitsbildende ("qualifizierende") Wirkung haben kann.

2) Um Mißverständnissen vorzubeugen sei erwähnt, daß neben den für die Strukturaufbauten ausgewählten Inhalten auch noch weitere erschlossen werden sollten, die für die Entwicklung der Fähigkeitsbereiche keine direkte Bedeutung haben, deren Kenntnis aber für eine Bewältigung der Umwelt erforderlich ist.

höheren Niveau aus nicht nur dazu befähigt wird, den erarbeiteten Bezugsinhalt oder Inhaltgleicher Struktur, sondern auf Grund der damit verbundenen höheren Leistungsfähigkeit auch Inhalte völlig anderer Struktur zu erschließen. Mit diesem Ansatz scheint es möglich, die oben erwähnte Über- oder Unterforderung weitgehend auszuschließen, die Lernprozesse durch das Ausschalten inadäquater Inhalte zu verkürzen und durch das Abstimmen der Strukturen aufeinander den Zugang zu komplizierteren Strukturen wesentlich zu erleichtern, womit unter anderem auch Begriffe wie "Nähe" und "Ferne" eine eindeutigere, neueren Erkenntnissen entsprechende Einordnung erhalten. Da Strukturaufbauten von der Sachstruktur des Fachgebiets und die Abstände der Strukturen zueinander (in ihrer "Redundanz") von den Schülern auf empirischem Wege bestimmt werden, zeigen sich Unterschiede zwischen den Strukturaufbauten für verschiedene Gruppen von Schülern allenfalls hinsichtlich der Größe der Lernschritte und hinsichtlich des methodischen Zugangs. Insofern kann wohl mit Recht die sicherlich nicht nur Zustimmung provozierende Vermutung geäußert werden, daß es eine weitgehend eigenständige, sonderpädagogische Didaktik im engeren Sinne wohl kaum gibt, ja sogar im Interesse der Chancengleichheit nicht geben darf.

Dieser seit 1966 in eigener Praxis angewandte Ansatz, der teilweise nicht erwartete Erfolge ermöglichte, insgesamt aber doch einer exakteren empirischen Überprüfung bedarf, zeigt eine gewisse Isomorphie zu den in der Curriculumforschung neuerdings intendierten Lernzielsequenzen und zu der Ermittlung der qualifizierenden Elemente. Er stellt jedoch mehr als diese die Notwendigkeit einer systematischen Diagnose des Entwicklungsstandes verschiedener Fähigkeiten, einer gezielten Weiterentwicklung eben dieser Fähigkeiten mit Hilfe der Strukturaufbauten und einer

empirischen Abstimmung der Elemente auf das Lernplateau der Kinder in den Vordergrund.

2. In Anlehnung an die Erkenntnis, daß Leistungsunterschiede beim Schuleintritt für große Gruppen von Kindern wesentlich durch unterschiedliche Förderung bedingt sind, kann die Grundschule nicht mehr wie bisher Fähigkeiten als Voraussetzung für den Schulbesuch fordern (vgl. Hessischer Bildungsplan der Sonderschule für Lernbehinderte),¹⁾ die zu entwickeln Aufgabe der Schule sein muß, soll sich die Forderung nach Chancengleichheit nicht schon für den Schulanfänger als Leerformel erweisen. Es kann hier sicherlich die Feststellung getroffen werden, daß eine große Gruppe heutiger Sonderschüler nicht Sonderschulen besuchen brauchte. Die meisten Sonderschüler würden zumindest insgesamt einen höheren Leistungsstand aufweisen, hätte ihnen die Schule die Möglichkeit gegeben, erst die Voraussetzungen etwa für den Leselernprozeß und für das "Erstrechnen" zu entwickeln, wären sie im Sinne der Strukturaufbauten mit den Bezugsinhalten bei Schuleintritt konfrontiert worden, die ihrem Entwicklungsstand und Erkenntnisplateau entsprochen hätten.

Dies ist natürlich nur möglich, wenn Schulreife nicht daran gemessen wird, inwieweit Schüler Fähigkeiten zum Beschreiten der für das 1. Schuljahr vorgesehenen Lernprozesse entwickelt haben, sondern umgekehrt die Inhalte (besser: Strukturen, qualifizierenden Elemente) vom Entwicklungsstand der Fähigkeiten her bestimmt werden. Überhaupt scheint es erforderlich, daß der Begriff der Schulreife in seinem bisherigen Verständnis aus dem pädagogischen Schlagwortkatalog gestrichen wird.²⁾

1) Vgl. auch BERNART 1962, S. 8

2) Wir können daher den Ausführungen KLAUERS (1967, S.13 ff) nicht beipflichten und lehnen Begriffe "Normalschulreife" und "Hilfssschulreife" ab, da solche Entscheidungen gegenwärtig nicht gesichert getroffen werden können.

Die Schule - und insbesondere die Sonderschule - hat die Aufgabe, sich nicht mit der Feststellung einer Schulunreife oder eines Leistungsveragens zu begnügen. Sie ist vielmehr verpflichtet, gerade diesen Schülern die Chance einer Entwicklung der Fähigkeiten zukommen zu lassen, die bisher nur wenig gefördert worden sind. Dies ist hier - wie aus obigen Überlegungen hervorgeht - nur dann möglich, wenn die Schule nicht mehr wie bisher von mehr oder weniger zufällig angeordneten Inhalten ganz unterschiedlicher Struktur ausgeht, sondern von dem je verschiedenen Entwicklungsstand der Schüler in verschiedenen Fähigkeitsbereichen und von der Frage, an welchen Inhalten welcher Struktur und welchen Aufbaus sie in der Lage sind, diese Fähigkeiten weiterzuentwickeln.

3. Schließlich bedürfen die Inhalte selbst einer Analyse. Es scheint sicher, daß die Inhalte (Elemente) der Strukturaufbauten nicht nur deshalb nicht vollständig aus bisherigen Lehrplänen übernommen werden können, weil diese auf Grund deren struktureller Beliebigkeit keinen systematischen Aufbau ermöglichen, sondern auch, weil diese Inhalte selbst einer Kontrolle bedürfen. Diese Kontrolle hat die Aufgabe, die Ausprägung einseitiger, an der Realität desorientierter "Weltbilder" zu vermeiden. Die in der sonderpädagogischen Didaktik immer noch herrschenden Leitbilder und die aus ihnen begründete Inhaltsauswahl sind oft kaum geeignet, die Schüler auf das spätere Leben vorzubereiten. Dieses Leben vollzieht sich eben nicht vorwiegend in einer Feierabendatmosphäre, sondern besteht auch aus Arbeit und den sich aus ihr ableitenden Problemen, deren teilweise nicht bewältigte Lösung gerade für die überwiegende Mehrheit unserer Sonderschüler in einem nicht mehr zu vertretendem Maße soziale Deprivation produziert.

1) Eine an der Studieneingangseinheit Heil- und Sonderpädagogik durchgeführte Analyse der Lesebücher für Sonderschulen hat ein Überwiegen der diesem Bereich zuzuordnenden Inhalte aufgezeigt.

2.2.2. Merkmale des strukturorientierten Unterrichts

1. Allgemeine Überlegungen zum Begriff "Struktur"

Der Begriff "Struktur" ist abgeleitet aus dem lateinischen Verb "struere", wo es die Bedeutung "errichten", "bauen" hat. Das Substantiv Struktur entspricht demnach den Begriffen Aufbau, Gefüge (vgl. DREVER/FRÖHLICH 1969), Ordnung, Bauart (Wörterbuch der Pädagogik, 1953). Diese Grundbedeutung erfährt bei der Anwendung des Begriffs in den verschiedensten Wissenschaftsbereichen eine unterschiedliche Modifikation - nicht zuletzt deshalb, weil das, was durch die Analyse als Aufbau aufgezeigt wird beziehungsweise durch die Synthese zu einem Gefüge zusammenwächst, letztlich jeweils an den konkreten Gegenstand gebunden ist. Hierdurch wird deutlich, daß die zunächst als objektive Gegebenheit erscheinende "Struktur" an die subjektive Leistung der Analyse und Synthese gebunden ist. "Kommt es in der Analyse auf die Bewältigung einer vorgegebenen Erscheinung an, die an ihrem inneren Aufbau zu erkennen ist, so soll in der Synthese aus der heterogenen Vielfalt von Einzelercheinungen ein neues, homogen gefügtes Ganzes stehen. Beide Begriffe gehören zusammen. Analyse ist auf Synthese angewiesen und Synthese bedarf der Analyse. Struktur 'ist der Schlüsselbegriff dieses dialektisch verschränkten Verhältnisses'" (SAUER 1974, S. 21 f., vgl. hierzu RUBINSTEIN 1972).

Dieser dialektische Bezug beschränkt sich allerdings nicht nur auf das Verhältnis von Analyse und Synthese, sondern notwendig auf das Verhältnis zwischen Subjekt und Objekt.

2. Bisherige Ansätze strukturorientierten Lernens

Eine beabsichtigte Stiftung von Lernprozessen, die nicht nur der Intention folgt, für bestimmte Lebenssituationen durch die Einübung spezieller - auf eben diese Situation bezogener - Verhaltensweisen zu qualifizieren, erfordert

ein Lernen an Strukturen, das Vorhandensein und das Erkennen des allgemeinen Prinzips in dem Je-Besonderen. Dieser Tatbestand ist - wie KLAFKI aufzeigen konnte - seit langem mehr oder minder bekannt und didaktisch genutzt worden, erreichte aber erst durch die in der Folge der Tübinger Resolution (1951) konzipierten Theorien des exemplarischen Lehrens und Lernens (WAGENSCHEIN 1956) und der kategorialen Bildung (KLAFKI 1959) ihre besondere Ausformung. Das Exemplarische, das Elementare stellen ebenso wie die Formeln der Erschließung des Allgemeinen im Besonderen, des Gehalts eines Inhalts verschiedene Bezeichnungen für ein strukturorientiertes Lernen dar, die selbst wiederum auf die doppelseitige Erschließung (KLAFKI), auf die dialektische Verschränkung zwischen Subjekt und Objekt hinweisen.

Nicht nur durch Didaktiker ist auf das Erfordernis strukturorientierten Lernens hingewiesen worden, sondern vor allem auch durch Psychologen, die sich mit der Erforschung der Denkprozesse befaßten. Hier sind vor allem die Arbeiten von PIAGET, BRUNER, GAGNÉ und DIENES zu nennen. Wir können an dieser Stelle nicht ausführlich auf die verschiedenen Ansätze eingehen und verweisen auf die Beiträge von BRUNER (1968, 1970, 1974), GAGNÉ (1969) DIENES (1972) und PIAGET (1965). Im folgenden führen wir nur einige Grundthesen dieser Ansätze an.

PIAGET's Bemühungen galten der Erforschung der "Entstehung sogenannter kognitiver Strukturen. Darunter sind die Organisationsmerkmale der Intelligenz zu verstehen, die sich aus der Umfunktion der Intelligenz heraus entwickeln, mit wachsendem Alter (beziehungsweise Gebrauch) bestimmten Änderungen unterliegen und aus den unmittelbaren Verhaltensinhalten zu erschließen sind" (SKOWRONEK 1970, S. 89).

Ebenso wie für PIAGET und die Vertreter der Genfer Schule ist auch für Jerome S. BRUNER "die geistige Entwicklung durch eine zunehmende Unabhängigkeit der kognitiven Prozesse von den unmittelbaren Reizen des Wahrnehmungsfeldes (stimulus field) gekennzeichnet" (vgl. STEINER

1973, S. 167). Diese Entwicklung wird jedoch von BRUNER im Gegensatz zu PIAGET nicht nur in ihrer Entstehung anders gedeutet (Verinnerlichung von kulturbedingten Techniken), sondern als grundsätzlich beeinflussbar gesehen. "Die Erfahrung hat gezeigt, daß es der Mühe wert ist, dem heranwachsenden Kind Probleme vorzulegen, die es verführen, sich in die nächsten Stadien der Entwicklung hineinzuwagen" (BRUNER 1968, S. 109). Das setzt voraus, daß "jede Idee, jedes Problem in eine so einfache Gestalt gebracht werden(kann),daß jeder Schüler sie in einer erkennbaren Form verstehen kann" (BRUNER 1974, S.48). Dabei sind drei "Gesichtspunkte" zu beachten: die Art der Darbietung, die Ökonomie der Mittel und die tatsächliche Wirksamkeit. "Form, Ökonomie und Wirkung sind verschieden für verschiedene Altersstufen, für verschiedene Lernstile bei Schülern und für verschiedene Sachbereiche" (BRUNER 1974, S. 49). Daher ist es erforderlich, den Lehrplan spiralenförmig zu gestalten; auf verschiedenen Ebenen der Darbietung muß jeder Stoff unterschiedlich ausdifferenziert auf "intellektuell redliche Art" (BRUNER 1968, S. 116) vermittelt werden können. Die Kenntnis der Lernvoraussetzungen, des Wissensstandes des Schülers sind hierfür unbedingte Voraussetzung.

R. GAGNÉ definiert Strukturen als sachlich und psychologisch bedingte Regelhierarchien (vgl. RUPRECHT 1972, S. 58). "Der Mensch lernt einfachere Dinge zuerst und geht dann zu mehr und mehr komplexen Dingen über" (GAGNÉ 1969, S. 143). "Der Erwerb von Wissen ist ein Vorgang, innerhalb dessen jede neue Leistungsmöglichkeit sich auf eine Grundlage stützt, die durch früher erlernte Leistungsmöglichkeiten gebildet wird" (GAGNÉ 1969, S. 26). "Die Planung des Lernens ist eine Frage der Spezifizierung und Ordnung der vorauszusetzenden Fähigkeiten innerhalb eines Lerngegenstandes" (GAGNÉ 1969, S. 26). Lernen ist demnach immer an bestimmte Voraussetzungen gebunden: es gibt acht grundlegende Lernarten, von denen die jeweils höhere Lernart die des

niederen Niveaus als präsent voraussetzt. Die höchsten Lernformen werden durch das "Regellernen" und das "Problemlösen" dargestellt.

Sowohl GAGNÉ als auch BRUNER setzen bezüglich der Inhalte voraus, daß diese strukturiert beziehungsweise strukturierbar sind, daß unterschiedliche Strukturierungen vorgenommen werden können und auf jeweils höherer Lernebene eine weitere Ausstrukturierung vorgenommen werden kann. Des weiteren ist in beiden Ansätzen die Überzeugung enthalten, daß ein Gegenstand faßlicher wird, wenn man seine Grundlagen versteht (vgl. BRUNER 1970, S. 37), daß komplexere Strukturen (inhalt/bezogen bei BRUNER, lernartbezogen bei GAGNÉ) nur über den Weg der Erarbeitung einfacher Strukturen zu erwerben sind und daß die Stiftung des Transfers wesentliches Element der Lehrplanung sein muß.

3. Strukturorientierter Unterricht als Möglichkeit einer Revision der Didaktik der Schule für Lernbehinderte

Der Vorschlag für eine Neuorientierung der Didaktik der Schule für Lernbehinderte ist vor allem dadurch gekennzeichnet, daß er sowohl eine Ausrichtung auf einen späteren Lebensrahmen, als auch ein Ausgehen von angemessener geringerer Leistungs- und Lernfähigkeit in bestimmten Grundfähigkeiten meidet. Diese Ausgangspunkte bergen die Gefahr einer Unterforderung und einer nicht ausreichenden Förderung der Schüler, einer vorzeitigen Festlegung auf eine bestimmte Rolle in der Gesellschaft, auf einen festen niedrigen Sozialstatus in sich.

Im Gegensatz dazu steht die (nicht neue) Auffassung im Vordergrund, daß viele Sonderschüler weitgehend erst durch ihre häusliche und schulische "Umwelt" zu dem wurden, was sie sind und daß ihre Lage nur dann verbessert werden kann, wenn ihre Umwelt eine Änderung erfährt.

Was die Änderung der häuslichen Umwelt anbelangt, so sind die hierzu erforderlichen vor allem sozialpolitischen Konsequenzen in der neueren, gesellschaftskritisch orientierten Literatur aufgezeigt worden. Diese müssen hier vor allem in einem zentralen Punkt unterstützt werden: an eine wirkliche Chancengleichheit ist so lange nicht zu denken, so lange nicht alle Kinder die gleiche Möglichkeit einer vorschulischen Förderung erhalten.

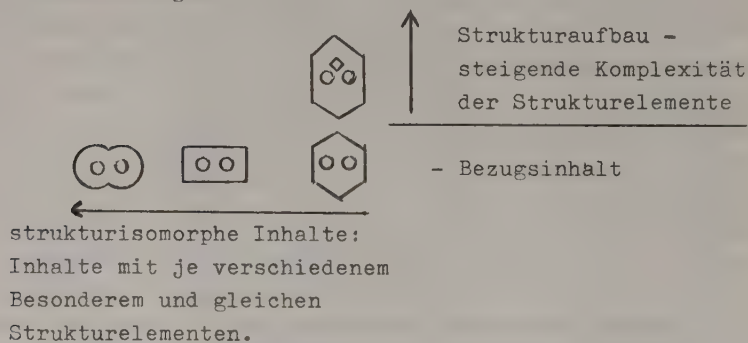
Im Unterschied zu anderen, den eben erwähnten Punkt ebenfalls diskutierenden Ansätzen ¹⁾ wird hier - wie bereits erwähnt - jedoch nicht ausschließlich in der häuslichen Umwelt und in der nicht ausreichenden Förderung in der Vorschulzeit die Ursache für ein späteres Schulversagen gesehen, sondern vor allem in der Inadäquatheit didaktischer und methodischer Entscheidungen der Schule. Neben dem oben dargestellten Minus an empirischer Forschung wird hier vor allem das zu geringe Abstimmen der Inhalte auf das jeweilige Erkenntnis- und Kenntnisplateau, auf den Entwicklungsstand der Fähigkeiten des Schülers für dessen Scheitern verantwortlich gemacht. Wie die weiteren Überlegungen zeigen werden, ist dabei die Frage müßig, ob zunächst organische Schäden Ursache für das Leistungsversagen waren oder nicht. Erst dann, wenn die Schule in der Lage ist, den Entwicklungsstand des Schülers in bestimmten Fähigkeitsbereichen genau zu diagnostizieren und die für diesen Schüler in dieser seiner (Lern-)Situation adäquaten, in ihrer Struktur auf die Vorkenntnisse abgestimmten und damit Lernzuwachs (das bedeutet zumeist zugleich Fähigkeits- und Informationszuwachs) erst ermöglichenden Inhalte ("qualifizierende Elemente" im Sinne der Curriculumforschung) auszuwählen, wird der Schüler optimal gefördert werden können. Um dies zu ermöglichen, bedarf es daher zunächst einer Analyse der Strukturen verschiedener Inhalte, der Anordnung der Strukturen zu Strukturaufbauten und der Überprüfung der

¹⁾ Hier verdient vor allem der Ansatz BEGEMANNS (1968) besondere Beachtung.

qualifizierenden Wirkung der Strukturelemente bezüglich bestimmter Fähigkeiten durch empirische Untersuchungen. Im Kapitel 3.4. wird exemplarisch eine Strukturfeldanalyse und eine Folge von Strukturelementen (Strukturaufbau) aufgezeigt; wir können uns hier daher auf die Darstellung der wesentlichsten Merkmale strukturorientierten Unterrichts beschränken.

Strukturorientierter Unterricht in dem hier vertretenen Sinne ist durch folgende Momente gekennzeichnet:

1. Strukturorientiertes Lernen ist an die mögliche Aufweisbarkeit allgemeiner Elemente im besonderen Inhalt gebunden.
2. Strukturelemente sind von objektiven und subjektiven Gegebenheiten abhängig und können als wesentliche, den weiteren Lernprozeß fördernde "Einsichten" bezeichnet werden.
3. Diese Elemente sind sowohl in der Horizontalen an isomorphen Inhalten ("exemplarisches" und "orientierendes Lernen") als auch in der Vertikalen an Inhalten unterschiedlicher Komplexität aufzuzeigen.



4. Strukturorientiertes Lernen setzt die Analyse der Strukturelemente des zu erarbeitenden Gegenstandes voraus.

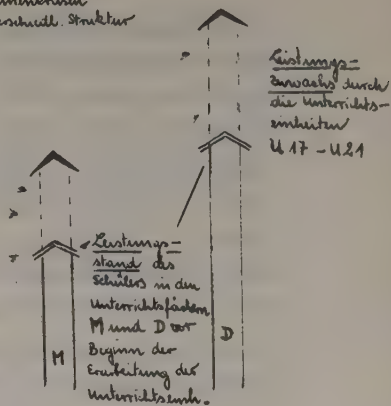
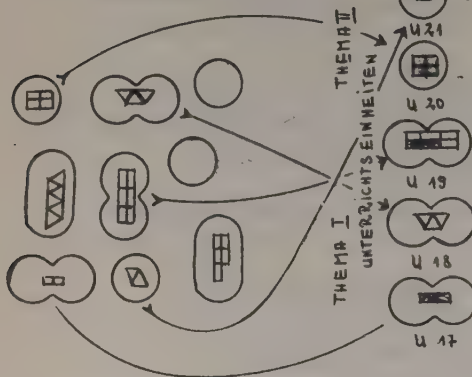
5. Strukturorientiertes Lernen setzt die Kenntnis der Lernvoraussetzungen der zu erarbeitenden Elemente voraus.
6. Da strukturorientiertes Lernen nur durch eine Abstimmung der objektiven Lernanforderung und der subjektiven Lernvoraussetzung möglich ist, müssen empirisch erprobte Strukturfolgen (Strukturaufbauten) erstellt werden. Diese bestimmen weitgehend die Inhalte.
7. Die Entscheidung darüber, an welcher Stelle ein Schüler innerhalb einer Strukturfolge mit dem Lernprozeß beginnen kann, ist nicht mit Schulleistungstests herkömmlicher Art, sondern nur mit Hilfe strukturorientierter Tests zu treffen.
8. Die Lernanforderung und die Lernvoraussetzung stehen dann in einer adäquaten Lernrelation, wenn der Lernende in der Lage ist, das jeweils neue Strukturelement unter Anwendung (empirisch ermittelter) optimaler Methoden zu erfassen. Die mögliche Komplexität des Strukturelements ist empirisch zu ermitteln.
9. Strukturorientiertes Lernen stellt nicht nur ein Erschließen der Elemente bestimmter Inhalte dar, sondern ist auf den durch die Erschließung des Elements provozierten Lernzuwachs angewiesen: strukturorientiertes Lernen ist dialektisches Lernen.
10. Strukturorientiertes Lernen ist auf das Provozieren von Transferleistungen angelegt. Dies ist nur möglich, wenn der Schüler Lernsituationen vorfindet, in denen er erworbene Elemente in neuen Zusammenhängen wiederentdecken kann.

LEHRPLAN und STRUKTURAUFBAU

1. LEHRPLAN

a) Katalog von Inhalten mit aufeinander Bildungswert

b) Lehrplan mit nach Themenkreisen geordneten Inhalten unterschiedl. Struktur



Die im Lehrplan nach Themenkreisen angeordneten Inhalte sind sowohl hinsichtlich der Eigenschaft der Strukturelemente als auch hinsichtlich ihrer Komplexität nicht ausreichend aufeinander (es fehlt eine exakte Strukturfeldanalyse) und auf den Leistungsstand des Schülers (es fehlen strukturorientierte diagnostische Hilfsmittel) abgestimmt. In unserem theoretischen Beispiel stellen die Einheiten U 17, U 20 und U 21 wegen der bereits vorher verarbeiteten Elemente eine Unterforderung, die Einheiten U 18 und U 19 eine Überforderung dar.

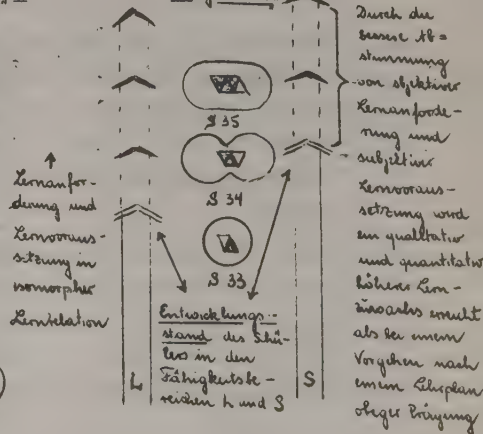
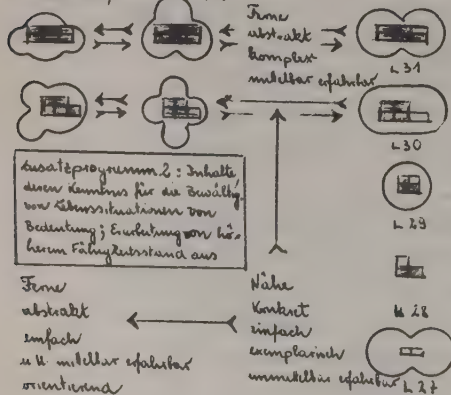
2. STRUKTURAUFBAU

Zusatzprogramm 1

(orientierend, direkter Transfer)

Programm „L“

Programm „S“



Durch die konsequente Herleitung gewonnener Einsichten (Strukturelemente) wird es dem Schüler möglich, sich komplexer werdende Strukturen zu erschließen. Unter- und Überforderungen treten kaum auf. Der Schüler ist nicht gezwungen, "nachvollziehend" zu lernen - er kann sich mit Hilfe nomorpher Materialien die Strukturen selbst erarbeiten und dabei einen Lernzuwachs in den Fähigkeitsbereichen des Analysierens, des Erkennens von Zusammenhängen, des Urteilens erlangen. Erklärungsbeispiel: Runde Zeichenelemente stellen das Brücken des Inhalts dar, eckige symbolisieren Strukturkomponente; gefüllte Elemente kennzeichnen bereits erarbeitete Strukturkomponente

2.3. Zusammenfassung

Eine Analyse didaktischer Ansätze der Schule für Lernbehinderte hat gezeigt, daß diese noch immer weitgehend von einem relativ einseitigen und statischen Bild von Sonderschülern geprägt sind. Durch die daraus abgeleiteten didaktischen und methodischen Folgerungen wird eine mögliche Emanzipation großer Gruppen von Schülern nicht nur nicht gefördert, sondern sogar verhindert.

Auf Grund dieses Tatbestandes wurde ein neues Konzept einer Didaktik entworfen, das sich zu den heute praktizierten Ansätzen in einigen Punkten diametral verhält.

Es ist gekennzeichnet

1. von der Zielsetzung her durch nicht primär passive Anpassung mittels der Vermittlung von Kenntnissen, sondern durch aktives "In-der-Welt-Sein" mit Hilfe einer optimalen Entwicklung von Fähigkeiten,
2. vom Wissenschaftsmethodischen her durch eine Ablösung bisheriger hypothetischer didaktischer Entscheidungen zugunsten empirisch fundierter Erkenntnisse,
3. von der Inhaltsauswahl und Lernzielbestimmung her durch eine exakte Abstimmung der Elemente und Methoden auf das Kenntnis- und Erkenntnisplateau der Kinder mittels der Strukturanalyse und Strukturaufbauten, wodurch die Beseitigung der ständigen Über- und Unterforderung und damit eine optimale Organisation des Lernprozesses ermöglicht wird (Abbau der "organisierten Behinderung"),
4. von der Auswahl der Sonderschüler her durch das Abgehen von Voraussetzungen für die Mitarbeit in der Grund- und Hauptschule, die für einen großen Teil unserer Schüler auf Grund deren ungünstiger Umwelt erst Ziel dieser Schule sein können und sein dürfen, wenn man von dem Prinzip der Chancengleichheit ausgehen und nicht soziale Benachteiligung manifestieren oder

gesellschaftsspezifische Mängel als solche bestimmter Schülergruppen ansehen will,

5. von der Einschätzung der Leistungsfähigkeit der "Sonderschüler" her durch eine weitaus größere Offenheit gegenüber deren Möglichkeiten durch die Ablehnung der von außen her festgelegten und nach oben begrenzten Zielsetzung,
6. von der Schulorganisation her durch die teilweise Auflösung der Klassenverbände und die Gewährleistung des Voranschreitens in den an Strukturaufbauten orientierten Lernzielfolgen nach einem dem Schüler gemäßen Tempo und nach den Schülern gemäßen, empirisch fundierten Methoden.

2.4. Formulierung der in der Kritik gegenwärtiger didaktischer Konzepte der Schule für Lernbehinderte und der im Neuverschlach enthaltenen Hypothesen

Die hier geübte Kritik gegenwärtiger didaktischer Entscheidungen ist von solch eminenter Bedeutung für die Unterrichtspraxis und damit für den Schüler, daß die einzelnen Kritikpunkte und die unter Umständen in sie eingehenden Hypothesen einer genaueren Überprüfung bedürfen. Weiterhin sind vor allem die Annahmen auf ihre mögliche Bewahrheitung zu untersuchen, die von einer höheren Leistung des Sonderschülers unter der Voraussetzung der Veränderung der Lernbedingungen ausgehen. Im wesentlichen bezog sich unsere Kritik auf vier Bereiche:

Für den Schulerfolg des Schülers scheinen von besonderer Bedeutung

1. die Lernsituationen, die der mindergeförderte und benachteiligte Schüler in der Grund- und Hauptschule antrifft. Es wird hier vor allem zu überprüfen sein, inwieweit Schulversagen unter Umständen durch eine mangelnde Effizienz gegenwärtiger Unterrichtsverfahren mitbedingt sein kann,
2. die Beachtung der Lernvoraussetzungen des Schülers beim Eintritt in die Grundschule und nach der Überweisung in die Sonderschule,
3. die Bestimmung des Niveaus der angestrebten Lernprozesse, was wiederum von der Einschätzung der Leistungsfähigkeit des Schülers abhängig ist,
4. die Qualität methodischer Entscheidungen.

Unter Berücksichtigung der hier aufgezeigten Entscheidungsbereiche und der obigen Kritik gegenwärtiger Modelle lassen sich folgende Thesen und Unterthesen formulieren:

Grundthese:

Sonderschulbedürftigkeit kann neben einer unzureichenden Veranlagung beziehungsweise einer mangelnden Förderung durch die häusliche Umwelt auch durch eine nicht optimale Organisation des Lernens in der Grund- und Hauptschule verursacht und durch didaktische Fehlentscheidungen der Schule für Lernbehinderte stabilisiert werden.

Diese Grundthese läßt sich in folgende Thesen untergliedern:

1. Die in der Grund- und Hauptschule angewandten Methoden fördern auf Grund mangelnder Einbeziehung der Lern-
erfolgskontrolle und strukturorientierter Verfahren
den Schüler unzureichend. Sonderschulbedürftigkeit
ist somit ein dem Schüler zugeschriebener, häufig
jedoch durch die Insuffizienz gegenwärtiger Unterrichts-
praxis hervorgerufener Tatbestand.
2. Sowohl die Grundschule als auch die Sonderschule
verursachen bei bestimmten Gruppen von Kindern durch
die mangelnde Beachtung der unterschiedlichen Lern-
voraussetzungen, die die Schüler bei Schuleintritt
für die ausgewählten Inhalte mitbringen, von Beginn an
in bestimmten Fachgebieten eine Überforderung und
damit ein Schulversagen.
3. Die mangelnde Beachtung der Struktur der Inhalte
einerseits und der Lernvoraussetzungen für die
Bewältigung eben dieser Inhalte andererseits führen
zu mechanischen Verhaltensweisen, die für den Schüler
bei der Bewältigung von sich verändernden Lebens-
situationen keine Hilfe darstellen. Weiterhin wird
durch die Nichtbewältigung bestimmter Inhalte wiederum
die Bewältigung der Folgeinhalte ausgeschlossen.
4. Strukturorientierte Verfahren ermöglichen auch lern-
behinderten Sonderschülern das Erkennen der Struk-
turen grundlegender Inhalte.

5. Verschiedene methodische und didaktische Maßnahmen (Unterrichtsprinzipien), die auf die besonderen Erfordernisse der Schüler einzugehen glauben, stellen sich der intellektuellen Entwicklung der Schüler hemmend entgegen. Die in Querschnittuntersuchungen ermittelten Leistungsdefizite von Sonderschülern lassen keine Rückschlüsse auf deren Leistungsfähigkeit zu. Sie können vor allem nicht die didaktische Konsequenz begründen, daß Schüler in den Bereichen, in denen sie besondere Minderleistungen aufweisen, schulisch nicht mehr gefördert werden.
6. Die aus den Thesen 1 bis 5 abzuleitenden didaktischen Maßnahmen führen zu einem besseren Lernerfolg, zu einem schnelleren, repressionsfreieren Lernen und damit zu einer Förderung der gesamten intellektuellen Leistungsfähigkeit der Schüler.

Die hier formulierten Thesen mußten zunächst zur Erfassung der allgemeinen Situation der Didaktik der Schule für Lernbehinderte relativ abstrakt formuliert werden. In forschungsmethodischer Hinsicht stellen sie jedoch noch keine Hypothesen dar, da sie nicht direkt überprüfbar sind. Hierzu ist es erforderlich, die allgemeine Aussage auf ihre Gültigkeit in der konkreten Situation zu überprüfen. Diese konkrete Situation kann in unserem Falle nur durch fachdidaktische Entscheidungen gebildet werden. Wegen der wiederholt betonten besonderen Schwierigkeit der Schüler im Rechenunterricht wählen wir diesen Bereich zur Spezifizierung der Kritik und der Thesen aus. Bevor dies geschehen kann, erscheint es erforderlich, die allgemeine Situation der Rechendidaktik der Schule für Lernbehinderte etwas eingehender zu skizzieren.

3. Die Revision der Rechendidaktik der Schule für Lernbehinderte als unabdingbare Voraussetzung der Steigerung der Rechenleistung

3.1. Begründung der Auswahl mathematik-didaktischer Entscheidungen zur Überprüfung der Hypothesen

Für die Auswahl der Rechen-/Mathematikdidaktik waren vor allem zwei Gründe maßgebend:

1. Durch den Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 3.10.1968 mußte mit Beginn des Schuljahres 1972/73 die Umstellung des konventionellen Rechenunterrichts auf einen Mathematikunterricht (auf mengentheoretischer Basis) erfolgen. Dieser Beschluß hat auch für die Sonderschule Bedeutung. Obwohl er hier nur zögernd in die Praxis umgesetzt wird - die Lehrpläne der Länder Bayern (1971), Niedersachsen (1972) und Nordrhein-Westfalen (1973) enthalten Elemente eines Vorkurses in Mengenlehre, die geplanten bundeseinheitlichen Rahmenrichtlinien stehen noch aus - werden nunmehr bereits im Sinne der Empfehlungen unterrichtete Kinder in die Sonderschule überwiesen. Es erhebt sich für den Praktiker die Frage, wie mit diesen Kindern im Rechenunterricht zu verfahren ist. Für die Beantwortung dieser Frage stehen den Lehrern bisher keinerlei Hilfen zur Verfügung.
2. Die in diesem Zusammenhang häufig gestellte Frage, ob "moderne Mathematik" in der Schule für Lernbehinderte zu verwirklichen ist, kann nur über die Frage nach den Zielen der modernen Mathematik erfolgen. Zu diesen Zielen zählen neben der fachlichen Präzisierung vor allem die Entwicklung des "Anschauungsvermögens", des "logischen Denkvermögens", des "wissenschaftlichen Denkens" und der "Phantasie und Kreativität" (vgl. LENNÉ 1969, S. 112 f.). Diese Fähigkeiten sollen den Schüler für sich wandelnde

Lebenssituationen besser qualifizieren. Es handelt sich hierbei um Fähigkeitsbereiche, in denen die lernbehinderten Sonderschüler nach bisheriger Auffassung ein besonderes Defizit aufzuweisen haben und die deshalb nach bisherigen Konzepten im Interesse eines Meidens weiterer Frustration im Unterricht der Schule nicht direkt angestrebt werden.

In keinem der oben erwähnten Bildungspläne ist die mit Einführung moderner Mathematik erforderliche Veränderung der bisherigen Auffassung von der Leistungsfähigkeit der Sonderschüler klar aufgezeigt und dazu Stellung genommen worden. Soll nicht von Beginn an für eine Gruppe von Kindern die Gefahr mechanischen Einübens neuer Inhalte heraufbeschworen werden, ist das Verhältnis zwischen den Anforderungen des Inhalts einerseits und der Leistungsfähigkeit des Schülers andererseits, insgesamt also das Problem der qualifizierten Wirkung mathematischer Inhalte bei Sonderschülern in Richtung auf oben genannte Leistungen zu überprüfen. Mit der vorliegenden Arbeit soll ein erster Ansatz einer diesbezüglichen Forschung geleistet werden.

3. Wenn moderne Mathematik für Sonderschüler gefordert wird, so bedeutet dies also notwendig eine Abkehr vom bisherigen Bild der Leistungsfähigkeit lernbehinderter Sonderschüler und die Anerkennung wesentlich größerer Förderungsmöglichkeiten seitens der Schule. Somit wird die Frage tangiert, die oben bei der Forderung nach strukturorientiertem Unterricht gestellt wurde und im Interesse der Schüler solange hypothetisch zu bejahen ist, solange nicht eindeutig das Gegenteil bewiesen wurde: Können Sonderschüler zum Erkennen mathematischer Zusammenhänge, zum selbständigen Lösen mathematischer Probleme, zur Analyse und Beurteilung des mathematischen Gehaltes von Situationen geführt werden? Die hier genannten Leistungen stehen in enger Verbindung mit den Leistungen, die allgemein unter den Begriffen Urteilsfähig-

keit, Selbstbestimmungsfähigkeit, Analyse von Situationen zusammengefaßt und als emanzipatorisch bezeichnet werden. Die bisherigen Querschnittuntersuchungen können zur Beantwortung dieser Frage nicht herangezogen werden, sie weisen unseres Erachtens allenfalls Leistungen unter gegebenen Bedingungen auf, sind aber kein Maßstab für eine Leistungsfähigkeit des Schülers.

3.2. Zur Situation des Rechenunterrichts in der Schule für Lernbehinderte

"Seit jeher zählt der Rechenunterricht neben dem Recht-schreibunterricht zur schwierigsten didaktischen Aufgabe, weil der überdauernde Erfolg gering ist" (KLAUER 1969, Sp. 2714). BERNART (1962) stützt diese Feststellung durch die Aussage, daß "gerade die Rechenfertigkeit bei den meisten Hilfsschulkindern auffallend schwach" (S.57) ist. BLEIDICK (1975) kommt auf Grund einer vergleichenden Untersuchung der Leistung von Hilfsschülern und Hauptschülern zu dem genaueren Befund: "In etwa haben die Hilfsschulabschlußklassen des 9. Schuljahres in den Grundrechenarten den Leistungsstand des 4. bis 5. Schuljahres" (S.7), wobei "zwischen den untersuchten Gruppen ganz unerwartete und erstaunlich krasse Leistungsunterschiede" (S.7) ermittelt wurden. Die Erfahrung geringerer Leistungsfähigkeit der Sonderschüler im Rechenunterricht lassen das Ziel der Schule auf das lebensnotwendige Mindestmaß (vgl. KLAUER 1969, Sp. 2716), auf ein "lebensnotwendiges Wissen und lebenspraktisches Können" (LESEMANN 1960a, S. 356), auf "eine unbedingt sicherzustellende eiserne Mindeststration" (BLEIDICK und HECKEL 1968, S. 42) festlegen. Sowohl KLAUER als auch BLEIDICK und HECKEL sind der Auffassung, daß in gegenwärtigen Lehrplänen der Schule für Lernbehinderte "einzelne Ziele ... viel zu hoch gegriffen (BLEIDICK und HECKEL, S. 44) sind und "in der Hilfsschule noch mehr 'gelernt' als später angewandt wird" (KLAUER 1969, Sp. 2716).

Der Lebensrahmen, die an den Sonderschüler im späteren Leben gestellten Anforderungen bilden den Maßstab für die inhaltliche Orientierung. Insgesamt bleibt jedoch unbestritten: "Zur Lebensbefähigung gehört ein großer Teil rechnerischer Fertigkeiten" (BEGEMANN 1968, S. 121) und "es gehört zur lebensnotwendigen und unumgänglichen Grundbildung, sich den rechnerischen Grundforderungen des Lebens gewachsen zu zeigen" (BERNART 1962, S. 57, vgl. auch die Lehrpläne des Landes Bayern 1971, S. 75).

Welchen Niveaus und welcher Art diese Fertigkeiten sein sollen, darüber scheinen die Meinungen trotz der einheitlich geforderten Reduzierung der Inhalte der Volksschullehrpläne auseinanderzugehen. Dies läßt sich zum Beispiel an den quantitativen Zielen der Lehrpläne der verschiedenen Bundesländer für das 8. und 9. Schuljahr erkennen (vgl. BLEIDICK und HECKEL 1968, S. 43, KUTZER 1973 b, S. 10 f), wodurch unter anderem dokumentiert wird, daß das, was unter "zahlenmäßiger Durchdringung jener Welt, die durch den Lebensrahmen des Hilfsschulkindes und ehemaligen Hilfsschülers umgrenzt wird" (KLAUER 1969, Sp. 2716), nicht exakt bestimmbar ist.

Noch bedeutender als die quantitativen Unterschiede scheinen uns die qualitativen Unterschiede zu sein, wie sie sich in folgenden divergierenden Äußerungen zur Bedeutung des Zahlbegriffs im Unterricht der Schule für Lernbehinderte darstellen: "Der Rechenunterricht erstrebt nicht das Erkennen der gesetzmäßigen Beziehung zwischen den Zahlen, sondern begnügt sich mit der Kenntnis einfachster Rechenoperationen" (LESEMANN 1960 a, S. 356). "Im ersten Hilfsschuljahr müssen repräsentative Zahlvorstellungen erreicht werden" (BERNART 1962, S. 59). "Besonderer Wert muß darauf gelegt werden, daß die Kinder über die Anschauung zum Zahlbegriff und zum Erfassen der rechnerischen Zusammenhänge kommen" (BLEIDICK und HECKEL 1968, S. 134).

In enger Verbindung mit den Zielvorstellungen bei der Erarbeitung des Zahlbegriffs stehen die dabei angewandten Methoden. Sie lehnen sich entweder an die in der Grund-

schule praktizierten an, die im wesentlichen auf die Erkenntnisse von WITTMANN, PIAGET und DIENES aufbauen und zunächst einen operativen Begriff der Kardinalzahlen¹⁾ vermitteln wollen. Andere wiederum scheinen die sonderpädagogischen Prinzipien der "Isolierung der Schwierigkeiten" und der "kleinsten Schritte" betonen zu wollen. Diese Methoden sind durch einen frühen Aufbau der Zahlreihe gekennzeichnet (vgl. die Ergebnisse der Analyse der Erstrechenbücher durch SCHMALOHR 1969, Sp. 2722), noch ehe der Schüler die Zahl als Symbol der Eigenschaft von Mengen oder als Beziehungsbegriff erfaßt hat. Man kann diesen zuletzt genannten Verfahren die Intention zuschreiben, den Zahlbegriff bewußt nicht direkt anzustreben, da dieser für lernbehinderte Sonderschüler kaum erreichbar ist. Durch das Bewußtmachen und das Einprägen der Zahlreihe soll jedoch das erreicht werden, was mit dem Begriff "Zahlvorstellung" umschrieben wird. Der Hessische Bildungsplan (1962) bildet für diesen (synthetischen) Ansatz ein hervorragendes Beispiel. Aber auch der jüngste Bildungsplan, der für die Schulen für Lernbehinderte konzipiert wurde, der Plan Nordrhein-Westfalens, führt in einem sonst analytisch-operativ orientierten Kurs aus unerklärlichen Gründen den Zählkurs als besonderen Gegenstand unterrichtlicher Bemühungen ein (Lehrplan des Landes Nordrhein-Westfalen 1973, S. 81). Hier zeigt sich abermals deutlich der unbewältigte Konflikt zwischen den vermeintlich auf die Leistungsfähigkeit der Schüler abgestimmten synthetischen Methoden und dem Bestreben, auch in der Sonderschule modernen Mathematikunterricht zu betreiben. Insgesamt läßt sich feststellen, daß gerade bei der Erarbeitung des Zahlbegriffs die deutlichsten Differenzen zwischen den verschiedenen Vorschlägen auftreten, ein Tatbestand, der bei der Einmütigkeit der Autoren bezüglich des Erfordernisses der Berücksichtigung

¹⁾ vgl. GRIESEL 1970, S. 130, der Zahlbegriff als Beziehungsbegriff im Sinne Piagets wird in einem von FRICKE und BESUDEN ausgearbeiteten Unterrichtswerk für Sonderschulen vertreten.

der Lernschwächen und der Leistungsausfälle der Schüler im Unterricht innerhalb der allgemeinen Überlegungen doch überraschen muß. Die hiermit auch im Bereich der Fachdidaktik offenkundig werdende Unsicherheit ist vor allem durch die Kenntnis einerseits bedingt, daß der Erfolg des Rechenunterrichts wesentlich von der Qualität der Erarbeitung der Grundbegriffe abhängt (vgl. BERNART 1962, S.58), der Zahlbegriff aber Anforderungen an den Schüler stellt (Abstraktion, Erfassen mathematischer Relationen), die nach bisherigen Auffassungen dem lernbehinderten Schüler nur schwer möglich sind. So pendeln die didaktischen Entscheidungen zwischen einer stärkeren Betonung der Anforderung des Inhalts und einer verstärkten Ausrichtung nach den dem Schüler vermeintlich gegebenen Möglichkeiten ~~ohne~~ rechte Hoffnung auf eine erfolgreiche Lösung des Problems. Je mehr sich die angewandten Verfahren den in der Grundschule üblichen Verfahren annähern, desto seltener werden sonderschulspezifische Maßnahmen betont, je mehr aber sonderpädagogische Prinzipien im Vordergrund stehen, desto weniger wird das "Erkennen" der Struktur des Inhalts gefordert.

Die hier am Beispiel der Entwicklung des Zahlbegriffs kurz aufgezeigte Diskrepanz zwischen der "vermuteten" Anforderung des Gegenstandes und der ebenfalls "vermuteten" Lernfähigkeit des Schülers bestimmt insgesamt bei allen weiteren Inhaltsbereichen das Bild didaktischer Entscheidungen und führt zu den oben im allgemeinen didaktischen Bereich bereits aufgezeigten mehr oder minder divergierenden Auffassungen, vor allem hinsichtlich des Umfanges der Lehrpläne und des Niveaus der Erarbeitung der Inhalte. Was den Umfang der Lehrpläne anbelangt, so scheint sich allerdings eine Anpassung an den Plan der Grund- und Hauptschule - vor allem in den unteren Klassen - durchzusetzen, was die jüngsten Lehrpläne der Länder Bayern (1971), Niedersachsen (1972) und Nordrhein-Westfalen (1973) deutlich erkennen lassen. Dies geschieht, obwohl BLEIDICK (1966) und KLAUER (1968, 1969) darauf hingewiesen haben, daß die bestehenden Lehrpläne viel "Ballast" auf-

weisen und als "Maximalpläne" anzusehen sind. Völlig unverständlich scheint hierbei die Entscheidung BLEIDICKS als federführender Mitarbeiter des Planes von Nordrhein-Westfalen zu sein, 1973 mit diesem Plan ein wesentlich erweitertes Inhaltangebot vorzulegen. Er hatte 1966 anhand einer empirischen Untersuchung dargelegt und 1975 wiederholend bestätigt, daß "eine Beschränkung und Herabsetzung des Unterrichtsstoffes notwendig" (BLEIDICK 1975, S. 23) sei. Sowohl in dem Plan von Nordrhein-Westfalen, als auch in den Plänen von Niedersachsen und Bayern wird eine Begründung vermißt, weshalb nun entgegen bisheriger Auffassungen dem Schüler eine höhere Leistung zugetraut wird und weshalb die im Rechenunterricht angestrebten Lernziele weit über das hinausgehen, was man in anderen Fächern erwartet. Es hat den Anschein, als ob nach dem Beschluß der Kultusministerkonferenz viele der vorher beständig beschworenen Minderleistungen der Schüler beseitigt seien.

Die aus der offensichtlich nicht gelingenden Einschätzung des Grades der "quantitativ reduzierten Bildsamkeit" (Lehrplan des Landes Hessen 1962, S. 6) resultierende Unsicherheit wird verstärkt durch die unzureichende Bestimmbarkeit der "qualitativ veränderten Bildsamkeit" (Lehrplan des Landes Hessen, S. 6) einerseits und die Anforderungen des Inhalts an spezielle Fähigkeiten andererseits. Wegen der "Systematik" des Faches, die nicht unbeachtet gelassen werden darf (LESEMANN 1960a), ist eine konsequente Anwendung der in den Präambeln und theoretischen Vorüberlegungen geforderten sonderpädagogischen Grundsätze nicht möglich. "Der Rechenunterricht unterscheidet sich grundsätzlich von dem anderer Fächer. Die Prinzipien der vielfachen Veranschaulichung, der Lebensnähe, der Ableitung aus der Erfahrung, haben beim Rechnen in der Hilfsschule nur bedingte Berechtigung" (BERNART 1962, S. 57). Dennoch werden allgemeinste

Ratschläge erteilt:

1. Es wird vor allem in den vor dem Jahre 1970 erschienenen Beiträgen wiederholt der Vorschlag unterbreitet, sich auf einfache und einfachste (LESEMANN 1960, S. 357, BERG 1969, S. 123, Lehrplan des Landes Rheinland - Pfalz 1967, S.21) Operationen zu beschränken und das Erkennen der "rechnerischen Bezüge einfacher Lebensverhältnisse" (BLEIDICK und HECKEL 1968, S. 134) anzustreben.
2. Um aber "rechnen zu können, sind Abstraktionsfähigkeit und das Vermögen, rechnerischlogische Zusammenhänge zu erfassen, erforderlich" (Lehrplan des Landes Hessen, S. 118). Dies ist nur durch den "tätigen Umgang mit Dingen und Dingsymbolen in allen Klassen" (Lehrplan Baden-W., S.344) möglich. Dabei möchte der Bildungsplan des Landes Hessen dieses Arbeiten mit konkretem Material primär auf der Unterstufe anwenden, BLEIDICK und HECKEL 1968 wollen dagegen in allen Schuljahren von dem Handeln mit konkreten Gegenständen ausgehend zum "unanschaulichen Rechnen" (S.134) gelangen (vgl. auch Lehrplan Baden-W., S.344).
3. Bei der Erarbeitung neuer Inhalte erfolgt "das ständige Nachvollziehen einzelner oder mehrerer Rechenschritte in Klassenfront" (BLEIDICK / HECKEL 1968, S. 134).
4. Die Festigung ist nur durch ein "ständiges Üben" (Hessen 1962, S. 118, vgl. auch: BLEIDICK 1975, S. 22, Lehrplan Nordrhein-Westfalen, S. 351, BERNART 1962, S. 57) zu erreichen. Dabei wird der "mechanisch übende Umgang mit Zahlen" (BLEIDICK / HECKEL 1968, S. 134) als "Teilgebiet" nicht ausgeschlossen.

Es kann wohl ohne Einschränkung von einer dequalifizierenden Wirkung solch allgemeiner und unpräziser Empfehlungen gesprochen werden; sie stellen sowohl für den Lehrer als auch für den Schüler keine Hilfe bei der Organisation des Lernprozesses dar:

1. Was unter den häufig erwähnten "einfachen" oder "einfachsten" Rechenoperationen verstanden wird, bleibt völlig ungeklärt. Es kann angenommen werden, daß hiermit die sogenannten Grundrechenarten bei deren Anwendung im Zahlbereich $Z = \{0, 1, \dots, 1000\}$ gemeint sind. Ob diese Operationen dann vom Schüler als einfach angesehen werden, wenn durch sie der Zahlbegriff vermittelt werden soll, bleibt offen. Diese Frage kann unseres Erachtens nur unter Beachtung der jeweiligen Lernvoraussetzungen empirisch beantwortet werden: vermutlich stellen zum Beispiel die Multiplikation und Division beim Vorliegen des Zahlbegriffs und der Kenntnis des Stellenwertsystems eine nicht geringere Anforderung an den Schüler als die Bruchrechnung bei der Kenntnis der Strukturelemente der Division und Multiplikation.
2. a) Die Abstraktionsfähigkeit und das Erkennen "rechnerisch-logischer Zusammenhänge" können nicht als Voraussetzung für das Rechnen in der Schule angesehen werden - beide Fähigkeiten sind erst in der Auseinandersetzung mit mathematischen Inhalten (und nicht nur mit diesen) zu entwickeln.
b) Abgesehen von der verwirrenden Meinungsvielfalt bezüglich des Umfangs und des Stellenwertes der Veranschaulichung wird nirgends ein Hinweis geliefert, wie der Vorgang der Ablösung der unmittelbaren Anschauung ausgelöst werden kann. Diesbezügliche Maßnahmen bleiben dem Lehrer, seinen Erfahrungen und intuitiven Fähigkeiten überlassen. Im Interesse einer besseren Förderung der benachteiligten Schüler ist eine solche Praxis nicht mehr vertretbar.
3. Das empfohlene nachvollziehende Lernen bei der Erarbeitung neuer Inhalte muß in seiner Wirkung überprüft werden. Es ist denkbar, daß neben der hierdurch erfolgenden Erschwerung des Erkennens des Zusammenhanges zwischen den Strukturelementen des Inhalts - sie wird zumeist eben wegen der Minderleistung der

Schüler beim Erfassen logischer Strukturen nicht angestrebt - eine zusätzliche Überbeanspruchung der Merkfähigkeit der Schüler erfolgt. In diesem Falle würden also die Schwierigkeiten von einer Ebene in eine andere verlagert.

4. Das mechanische Üben der Zahlverknüpfungen wird erforderlich, wenn dem Schüler außer der Erinnerung an auswendig gelernte Zahlverhältnisse keine andere Möglichkeit zur Bewältigung der Items geboten wird - wenn der Schüler nicht in der Lage ist, die Strukturgleichheit verschiedener Items auf Grund der Kenntnis des Positionssystems zu erkennen. Es ist zu bezweifeln, ob ein mechanisierendes Üben bestimmter Zahlverknüpfungen dazu führt, daß der Schüler "sich den rechnerischen Grundforderungen des Lebens gewachsen" (BERNART 1962, S. 57) zeigen kann. Die Bewältigung mathematischer Bezüge und Gegebenheiten der Umwelt gelingt wohl nur, wenn der Schüler die Struktur dieser Bezüge erkennt. Das mechanisierende Üben von Zahlverknüpfungen leistet hierzu wohl nur einen geringen Beitrag.

Wir haben aufzuzeigen versucht, daß der Mathematikunterricht der Schule für Lernbehinderte im wesentlichen durch das unauflösbar scheinende Spannungsfeld zwischen den Polen "Anforderung der Inhalte" und "geminderte Lernfähigkeit der Schüler gerade in den für das Erlernen mathematischer Inhalte bedeutsamen Bereichen" bestimmt ist. Durch dieses scheinbar nicht zu lösende Problem werden sowohl die qualitativ als auch die quantitativ unterschiedlichen Lernziele, aber auch divergierende Methoden und vage Empfehlungen erklärbar.¹⁾

¹⁾ Unverständlich ist dagegen die beim Studium mathematikdidaktischen Ansätze der Schule für Lernbehinderte feststellbare unpräzise Verwendung mathematischer Begriffe; die Ergebnisse, die FLOER und MÖLLER (1975, S. 103) bei der diesbezüglichen Analyse des Lehrplanes von Nordrhein-Westfalen (1973) gewonnen haben, liefern hierfür ein eindeutiges Beispiel. Weiterhin ist nicht einzusehen, weshalb das Prinzip der kleinsten Schritte notwendig auf die Anwendung synthetischer Rechenmethoden hinauslaufen muß. Diese Methoden mußten bereits vor 50 Jahren als auf eine Zahlbegriffsentwicklung der Schüler sich hemmend auswirkend bezeichnet werden.

3.3. Kritik der gegenwärtigen Rechendidaktik der Schule für Lernbehinderte aus der Sicht des Modells des strukturorientierten Unterrichts

Die Konstruktion des oben erwähnten Spannungsfeldes setzt voraus, daß die Prämisse weitgehend irreparabler Minderleistungen Gültigkeit hat und daß die zwischen dem Schüler und dem Gegenstand vermittelnden Methoden hinsichtlich ihrer Effizienz genauer überprüft wurden. Wie jedoch oben aufgezeigt werden konnte, werden in der Sonderschule bei gleichem Unterrichtsgegenstand unterschiedliche Methoden und bei einem gleichen Schülerkreis unterschiedliche Lernziele angestrebt. Hierdurch wird offenkundig, daß die hinsichtlich der didaktischen Entscheidungen im engeren und weiteren Sinne genannte Voraussetzung nicht erfüllt sein kann. Des weiteren wird die oben erhobene Forderung einer permanenten Abstimmung von Lernvoraussetzung und Lernanforderung nicht erfüllt, da sowohl weder exakte Strukturfeldanalysen noch eine genaue Bestimmung des Strukturvorfeldes vorzufinden sind. Wir können daher annehmen, daß die Leistung der Schüler auch schulischerseits nicht optimal gefördert wurde und führen folgende Kritikpunkte an:

3.3.1. Die Sonderschule beachtet mit der Mengeninvarianz eine der Lernvoraussetzungen für den Zahlbegriff unzureichend

Wir haben oben die allgemeine Hypothese vertreten, daß ein Schulversagen durch die unzureichende Abstimmung der Inhalte auf den Leistungsstand der Schüler beim Schuleintritt und im Erstunterricht möglich ist. Gerade von der Schule für Lernbehinderte, die vorgibt, ihre didaktischen und methodischen Entscheidungen an den Erfordernissen der Kinder auszurichten, ist zu erwarten, daß sie durch die Einschaltung besonderer Förderprogramme die Lernvoraussetzungen für vorgegebene Lernziele schafft.

Dies scheint im Rechenunterricht beim Anstreben des Ziels "Zahlbegriff" nicht erfüllt zu sein. Wir erinnern uns, daß die Methoden, die zunächst die Kardinalzahl erarbeiten wollen, nur dann zum Ziel geführt haben, wenn der Schüler einer Menge unabhängig von der Anordnung der Elemente jeweils die gleiche Zahleigenschaft zuschreibt. Dieses "für alles weitere Rechnen fundamentale(n) Invarianzprinzip(s) der Zahl" (SCHMALOHR 1969, Sp. 2719 f.) muß Gegenstand des Rechenunterrichts sein, soll der Schüler überhaupt eine Chance zur optimalen Nutzung seiner Fähigkeiten haben. Auf die Bedeutung der Invarianz bei mathematikdidaktischen Überlegungen der Schule für Lernbehinderte wird jedoch unseres Wissens lediglich von SCHMALOHR (1969) hingewiesen. Als Gegenstand des Unterrichts wird invariantes Verhalten im Bayerischen Lehrplan (1971, S. 78) sowie im Plan von Nordrhein-Westfalen (1973, S. 88 f) erwähnt. Im Plan von Nordrhein-Westfalen werden dabei die entsprechenden Übungen gar erst nach der Einführung der "Ziffern 1 bis 5 als Kardinalzahlen" (1.Schuljahr) im 2. Schuljahr durchgeführt. In den Rechenwerken für den Anfangsunterricht der Schule für Lernbehinderte "Wir rechnen gern", "Rechne mit mir" und "Mein Rechenbuch" werden gezielte Übungen zum Training der Invarianz nicht gefunden.

In Anbetracht dieser Ergebnisse kann vermutet werden, daß

- die Schüler bei den gegenwärtig angewandten Methoden nicht die Gelegenheit erhalten, die Lernvoraussetzungen für den Zahlbegriff zu entwickeln; sie können somit durch schulische Unachtsamkeit nicht oder nur schwer zum Zahlbegriff gelangen,
- die bisherigen Erfahrungen hinsichtlich des Erwerbs des Zahlbegriffs (LESEMANN 1960) zwar korrekt, die Minderleistungen aber zumindest bei einem großen - empirisch zunächst nicht genauer zu bestimmenden - Teil der Schüler nicht allein durch besondere Leistungsausfälle, sondern durch eine Fehlorganisation schulischen Lernens bedingt sind.

3.3.2. Die in der Sonderschule angewandten synthetischen Methoden überfordern die Merkfähigkeit der Schüler und verhindern eine Einsicht in die Struktur des Zahlensystems und der Operationen

Der Hessische Bildungsplan der Schule für Lernbehinderte (1962) schlägt vor, in der "Klasse 3" den Zahlbereich 1 bis 10 schrittweise zu erarbeiten (S. 120):

$$1 + 1, \quad 2 + 1, \quad 3 + 1 \quad \text{usw.}$$

In der Klasse 4 erfolgt in gleicher Weise die Erweiterung des Zahlbereiches 10 bis 20. Mit Hilfe von "Zehnerschritten", die später wiederum durchgehend in "Einerschritte" aufgelöst werden, wird im folgenden Schuljahr "der Zahlenraum bis 100 nach der Methode der kleinsten Schritte" erweitert (S. 119). Dabei ist "die Arbeit innerhalb des Zehners ... die gleiche wie beim ersten und beim zweiten Zehner" (S. 121).

In gleicher Form werden auch die folgenden "Zahlenräume" bewältigt; hier ein Beispiel für den Zahlbereich 100 bis 1000:

1) $100 + 100 = 200$	2) $100 + 10 = 110$	3) $100 + 1 = 101$
$200 + 100 = 300$	$110 + 10 = 120$	$101 + 1 = 102$
$200 + 500 = 700$	$420 + 340 = 760$	$245 + 321 = 566$

Es scheint einsichtig, daß dieses synthetisch-analytische Vorgehen in vermeintlich "kleinsten Schritten" sehr viel Zeit beansprucht. Dem Schüler muß Gelegenheit gegeben werden, sich mit allen Zahlbereichen und Zahlunterbereichen vertraut zu machen und in ihnen die entsprechenden Zahlverknüpfungen auszuführen. Das Land Hessen hat daher für den Zahlbereich 100 - 1000 zwei Schuljahre vorgesehen.

Diese hier beispielhaft aufgezeigte langsame, schrittweise Zahlbereichserweiterung wird auch durch andere Lehrpläne vorgeschlagen, wie die folgende Tabelle zeigt:

Tabelle 1:

Vorschläge der Bildungspläne verschiedener Bundesländer für die Behandlung einzelner Zahlenräume in den jeweiligen Klassen der Schule für Lernbehinderte

Schuljahr	1/2	3	4	5	6	7	8	9
Rheinl.-Pf.	-	100	100	100	100	1000	1000	1000 u. darüber
Bad.-Württ.	20	100	1000	10000	1 Mill.	1 Mill.	u. darüber	
Hessen	-	10	20	100	1000	1000	1000 u. darüber	
Hamburg	-	20	100	100	1000	1000	bis ∞	
NRW	-	20	100	1000	1000	10000	1 Mill.	bis ∞

Bei diesem Vorgehen, bei dem primär Kenntnisse der Zahlen und nicht die Erkenntnis des Aufbaus der Zahl (Struktur des Positionssystems) und deren Anwendung bei der Ausführung verschiedener Operationen in verschiedenen Zahlbereichen angestrebt werden, stellt jeder neue Zahlbereich neue Anforderungen, jede Operation weist einen weitgehend hohen Anteil an Besonderem, einen hohen Informationsgehalt auf, wodurch die Möglichkeiten eines Operierens in höheren Zahlbereichen durch die hohe Beanspruchung der Merkfähigkeit beschränkt sind.

BLEIDICK und HECKEL (1968) schränken somit zu Recht ein: "Die sichere Beherrschung der Grundrechenarten im Zahlenraum bis 1000 bildet das Hauptziel des Rechenunterrichts" (S. 134). Dort wo dieser Bereich überschritten wird, sind nur unzureichende Leistungen zu erwarten, wie BLEIDICK (1966 und 1975) in einer Untersuchung sehr deutlich aufzeigen konnte.

Die Entscheidung für das synthetische Vorgehen stellt somit ein bewußtes Verzichten auf ein optimales Erkennen der Strukturgleichheit verschiedener Operationen in verschiedenen Zahlbereichen sowie der Addition und Sub-

traktion als Umkehroperationen auch für die Schüler dar, die hierzu unter Umständen in der Lage wären - eine unseres Erachtens nicht zu verantwortende Maßnahme.

3.3.3. Der Einsatz strukturorientierter Methoden als Möglichkeit einer Neuorientierung

Aus dem obigen Kritikpunkt leitet sich die Forderung nach einer Ablösung der synthetisch orientierten Methoden durch strukturorientierte Methoden ab. Die Anwendung dieser Methoden läßt einen höheren und qualitativ besseren Lernerfolg erwarten, da dem Schüler die Gelegenheit geboten wird, in einem systematischen Aufbau mathematische Zusammenhänge zu erkennen und die hierzu erforderlichen Fähigkeiten zu entwickeln.

Nur eine empirische Überprüfung kann jedoch Aufschluß darüber geben, ob diese Erwartungen erfüllt werden. Die in diesem Ansatz enthaltenen besseren Chancen für den Schüler lassen ein weiteres Aufschieben entsprechender Forschungen angesichts der ungesicherten, gegenwärtigen didaktischen Maßnahme als nicht vertretbar erscheinen. Im folgenden sollen erste Ansätze einer entsprechenden Forschung dargestellt werden.

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse dieser Forschungen und der hier ausgeführten Überlegungen sollen im folgenden am Beispiel der Zahlbereichserweiterung die Möglichkeiten und Konsequenzen strukturorientierten Unterrichts aufgezeigt werden.

3.4. Strukturorientierter Mathematikunterricht - dargestellt am Beispiel der Zahlbereichs- erweiterung

3.4.1. Allgemeine Überlegungen

Diese in Punkt 3.3.2. aufgezeigten, durch die Anwendung synthetischer Methoden geschaffenen Grenzen können unseres Erachtens bei der gegenwärtigen Aufbereitung des Inhalts nur dann überschritten werden, wenn der Schüler trotz der in der Schule angewandten Methode

in der Lage ist, Strukturgleichheit verschiedener Operationen in verschiedenen Zahlbereichen zu erkennen und somit durch das Erfassen des Aufbaus des Positionssystems die Operationen in höheren Zahlbereichen auf Grundoperationen im Zahlbereich 0 bis 20 zurückführen kann.

Die Verknüpfung $2763 + 3546$

oder besser¹⁾:
$$\begin{array}{r} 2763 \\ + 3546 \\ \hline \end{array}$$

kann unter der Voraussetzung der Kenntnis des Stellenwerts der Ziffern in die Grundoperationen

$$\begin{array}{ll} 3 + 6 & (\text{"Einer"}) \\ 4 + 6 & (\text{"Zehner"}) \\ 5 + 7 & (\text{"Hunderter"}) \\ 3 + 2 & (\text{"Tausender"}) \end{array}$$

aufgelöst und nach Ausführung derselben wieder zu einem "Ganzen" zusammengefügt werden:

$$\begin{array}{r} 2763 \\ + 3546 \\ \hline 9 \\ 10 \\ 12 \\ 5 \\ \hline 6309 \end{array}$$

Ein Addieren und Subtrahieren in verschiedenen Zahlbereichen erfordert somit die Kenntnis der Grundoperation im Zahlbereich 0 bis 20 (0 bis 10) und des Aufbaus des Positionssystems. Sind beide Voraussetzungen erfüllt, so stellt zum Beispiel das additive Verknüpfen zweier dreistelliger Zahlen keine höhere Anforderung als das zweier zehnstelliger Zahlen. Aus dieser Einsicht leitet sich notwendig ein von der oben dargestellten synthetischen Methode abweichendes Verfahren der Erarbeitung der Zahlbereiche ab. Dieses Verfahren stellt vom Augenblick der Überschreitung

¹⁾ Die Schreibweise läßt u.a. die hier angesprochenen auszuführenden Grundoperationen deutlicher erkennen.

des Grundbereiches 0 bis 10 beziehungsweise 0 bis 20 die Erkenntnis der Strukturelemente des Positionssystems und der Strukturgleichheit von Operationen in verschiedenen Zahlbereichen in den Mittelpunkt der unterrichtlichen Bemühungen. Diese Erkenntnis der Strukturgleichheit wird zum Beispiel nicht durch Itemfolgen der Art a) sondern nur durch eine solche der Art b) gefördert.

Itemfolge a)	Itemfolge b)		
110 + 1	2 + 6	20 + 60	200 + 600
110 + 2	22 + 6	220 + 60	2200 + 600
110 + 3	82 + 6	820 + 60	
	102 + 6	1020 + 60	
	422 + 6		

Das bedeutet, daß die verschiedenen Zahlbereiche nicht getrennt voneinander erarbeitet werden dürfen, sondern schon sehr früh der Aufbau des Positionssystems selbst Unterrichtsgegenstand sein muß. Eine Begrenzung des Zahlbereichs, wie sie von KLAUER (1969) und BLEIDICK (1965, 1966, 1968, 1975) gefordert wird, ist daher nicht nur als unsinnig, sondern als auf den Lernprozeß der Schüler sich hemmend auswirkend zu bezeichnen.

Dieses hier zunächst nur grob skizzierte strukturorientierte Verfahren erfordert die Einsicht in "mathematische Zusammenhänge", ein Herauslösen des Allgemeinen aus dem Besonderen, eine Abstraktion. Es kann nur erfolgreich sein, wenn die Schüler zu diesen Leistungen in der Lage sind. Die Voraussetzung hierfür bilden, solange keine empirisch fundierten Strukturaufbauten vorliegen,

- eine exakte Analyse des Unterrichtsgegenstandes und die Ermittlung seiner Strukturelemente, seiner Lernanforderungen (Strukturfeldanalyse),
- eine (späterhin empirisch fundierte) Anordnung der Elemente zu einer Strukturfolge (Strukturaufbau),

- eine Überprüfung der Erfüllung der Lernvoraussetzung für diese Strukturfolge durch den Schüler (Strukturfeldanalyse) sowie
- eine genaue Bestimmung der anzuwendenden Methoden bei der Erarbeitung dieser Strukturelemente.

Werden diese Forderungen eingehalten, so kann durch die dadurch mögliche ständige exakte Abstimmung von objektiven Lernanforderungen und subjektiven Lernvoraussetzungen nicht nur die Erarbeitung der Struktur des jeweiligen Inhalts erleichtert, sondern damit zugleich auch eine Förderung der Fähigkeiten erreicht werden, die ein Erschließen zunehmend komplexerer Strukturen ermöglichen.

3.4.2. Exemplarische Darstellung einer Strukturfeldanalyse und eines Strukturaufbaus

3.4.2.1. Anmerkungen zum Strukturvorfeld

Ziel und theoretische Basis ¹⁾ des Unterrichtsvorhabens ist die Erarbeitung des Positionssystems als Bündelungssystem auf der Grundlage der mengentheoretischen ²⁾ Erarbeitung des Zahlbegriffs.

Bevor die Schüler den Zahlenraum bis unendlich operativ aufbauen und durchschreiten können, müssen sie zum Begriff der natürlichen Zahlen beziehungsweise Kardinalzahlen geführt worden sein. Sie müssen in der Lage sein, im Zahlenraum 1 bis 10 Zahloperationen sicher auszuführen.

¹⁾ Das Ausgehen von verschiedenen theoretischen - insbesondere zahltheoretischen-Konzepten führt zum Aufweisen verschiedener Strukturelemente und damit zu je verschiedenen didaktischen und methodischen Konsequenzen.

²⁾ Die mengentheoretische Orientierung bei der Erarbeitung des Zahlbegriffs führt zunächst zu einer Betonung der kardinalen Komponente gegenüber dem ordinalen Aspekt und dem Operatoraspekt (vgl. WITTMANN 1972, S.107). Wir greifen hier die mengentheoretische Orientierung auf, da u.E. die Vorzüge der Erklärung des Positionssystems als Bündelungssystem nur auf dieser Basis voll wirksam werden und wir damit zugleich ein Beispiel für einen sinnvollen Unterricht auf mengentheoretischer Basis liefern können.

3.4.2.2. Strukturfeldanalyse

1. Allgemeine Vorüberlegungen

Bei den Mengenoperationen im Strukturvorfeld ließen sich Mengen bilden, für deren Zahleigenschaft den Kindern keine Namen gegeben werden konnten. Es stellt sich somit die Aufgabe, den Zahlbereich zu erweitern.

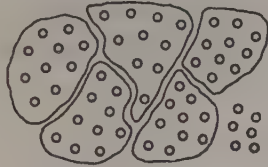
Als möglicher Weg bietet sich die Wahl neuer, voneinander unabhängiger Zahlennamen und Zahlsymbole an. Diese Lösung würde jedoch an die Merkfähigkeit der Schüler höchste Anforderungen stellen, da unendlich viele Mengen als Repräsentanten unendlich vieler Äquivalenzklassen denkbar und damit unendlich viele Zahlennamen und Zahlzeichen erforderlich wären. Dieser Vorschlag würde weiterhin die Zahloperationen wesentlich erschweren, da das Material nur eine geringe Strukturierung aufweist und damit ein exemplarisches Lernen wegen des hohen Besonderen und geringen Allgemeinen kaum zulassen würde.

Eine in diesem Sinne bessere Lösung stellt das Stellenwert- oder Positionssystem dar. Es ermöglicht, sowohl die bereits bekannten Zahlenamen (wir sprechen jetzt von den Grundzahlen Eins, Zwei, ..., Neun, Null) als auch deren Zeichen, die Ziffern nach einem bestimmten System (Grundstruktur des Positionssystems) miteinander so zu kombinieren, daß nur wenige zusätzliche Namen (Symbole) zur eindeutigen Kennzeichnung einer großen Zahl von Äquivalenzklassen ausreichen.

2. Struktur des Positionssystems, aufgezeigt am Modell der Bündelung beziehungsweise Teilmengenbildung

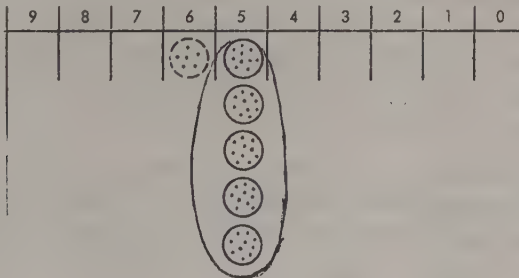
Nehmen wir an, daß wir eine Menge M mit einer Anzahl von Elementen gegeben haben, für die wir auf Grund unserer bisherigen, in der Vorfeldanalyse aufgezeigten Kenntnisse keine Möglichkeit der Zuordnung zu bisher bekannten,

nämlich durch die Zahlzeichen 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, (Z) ¹⁾ gekennzeichneten Klassen haben. Um diese Menge doch bestimmen und mit anderen vergleichen zu können, bietet sich die Zerlegung in Teilmengen nach einer Zerlegungsvorschrift an, die eine Zuordnung der Menge der neuen Einheiten (nämlich der Teilmengen) zu bekannten Äquivalenzklassen zuläßt.



Wir erhalten eine Menge von Bündeln und eine Menge der restlichen, die Bündelungsvorschrift nicht erfüllenden Elemente.

Bündelung (Zerlegung) nach der Vorschrift: jeweils Z Elemente sind zu einer Teilmenge zusammenzufassen:
Wir ordnen diese Teilmengen als neue Elemente höheren Niveaus den bekannten Äquivalenzklassen zu:



Diese Teilmengenbildung (Bündelung) ergab also 5 Teilmengen, die der Äquivalenzklasse 5 zugeordnet werden, und

¹⁾ Die vorübergehende zusätzliche Einführung des Symbols "Z" für die Zahleneigenschaft "Zehn" scheint methodisch günstig zu sein.

eine "Restteilmenge", die die Vorschrift nicht erfüllt und der Äquivalenzklasse "6" angehört.

Dafür läßt sich kürzer schreiben

Menge der Zehnerbündel "Z"	Menge der restlichen Elemente " R" ("Restmenge")
1 ₅	1 ₆ (1 "Restmenge" der Klasse 6)

Die Zerlegung anderer Mengen in Teilmengen beziehungsweise die Bündelung der Elemente nach gleicher Vorschrift ergibt zum Beispiel:

Z	R
1 ₇	1 ₅
1 ₉	1 ₄
1 ₆	1 ₂
1 ₂	∅

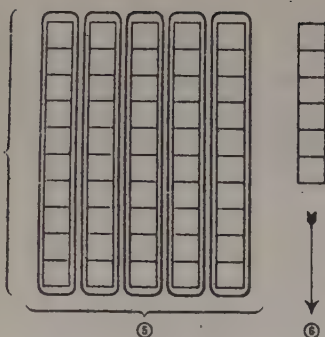
Es läßt sich erkennen, daß jeweils nur eine Restmenge übrigbleibt, die allerdings verschiedenen Äquivalenzklassen zuzuordnen ist. Unter künftiger Erinnerung an diesen Sachverhalt können wir "kurz" schreiben:

Z	R	Da die Restmenge aus Elementen der
7	5	1. Stufe besteht, die unseres Erachtens
9	4	etwas ungenau als "Einer" bezeichnet
6	2	werden, können wir künftig auch von der
2	0	Menge der restlichen "Einer" sprechen.

Dabei ist uns bewußt, daß die Ziffer unter R Symbol für die Zahleigenschaft der Restmenge, die unter Z Symbol für die Zahleigenschaft der Menge der Bündel ("Zehner", "volle" Teilmengen, Menge von Mengen) repräsentiert.

Dieser Sachverhalt ist für unser obiges Beispiel wie folgt darstellbar:

Bündelungs-
vorschrift:
10 Elemente
sind zu einem
Bündel zu-
sammenzufassen



Wir erhalten:

5 Bündel mit
je 10 Elementen,
oder:
eine Menge von
Mengen, die der
Äquivalenzklasse „5“
zuzuordnen ist.

6 restliche Elemente, die
nicht nach Vorschrift
zusammengefaßt werden können.

Wir treffen zur künftigen eindeutigen Bestimmbarkeit der Menge von Mengen die Übereinkunft, daß deren Symbole beziehungsweise "Klassenkennziffern" jeweils vor die der Einer gesetzt werden. Leere "Einer"-Mengen werden durch eine "0" angezeigt.

Bei "größeren" Mengen erhalten wir bei der Bündelung eine größere Anzahl von Zehnern, so daß eine erneute Bündelung nach bisheriger Vorschrift notwendig ist. Wir nennen die aus der Bündelung der Zehner entstehende neue Einheit "Hunderter". Die Bündelung von Hundertern ergibt Tausender. Vom Tausender an erhält nur jede dritte Bündelung einen eigenen Grundnamen, wie aus folgender Übersicht und folgendem Beispiel hervorgeht:

Abbildung 1:

Zusammenhang zwischen der Stufe der Bündelung und dem Stellenwert einer Ziffer im Dezimalsystem:																							
Zahlbeispiel:																							
2 5 1					3 0 4					9 3 2					7 6 6					4 0 3			
↓ ↓ ↓					↓ ↓ ↓					↓ ↓ ↓					↓ ↓ ↓					↓ ↓ ↓			
ein Element der jeweiligen Stelle weist																							
... Bündel, auf:																							
14 12					11 9					8 8					5 3					2 0			
13					10					7					4					1			
Zahl der Elemente je Stufe:																							
2 1					3 4					9 2					7 5					4 3			
5					0					3					6					0			
Darstellung des Niveaus des Elements in Potenzen:																							
10^{14} 10^{12}					10^{11} 10^9					10^8 10^4					10^5 10^3					10^2 10^0			
10^{13}					10^{10}					10^7					10^4					10^1			
Bezeichnung eines Elements je Niveaustufe:																							
Billion(en)					(Milliarde(n))					Million(en)					Tausend								
Hundert - Zehn - (Ein -)					Hundert - Zehn - (Ein -)					Hundert - Zehn - (Ein -)					Hundert - Zehn - (Ein -)					Hundert - Zehn - (Ein -)			
Stellenwert der Ziffern unseres Zahlensystems:																							
$2 \cdot (10^{14})$					$3 \cdot (10^{11})$					$9 \cdot (10^8)$					$7 \cdot (10^5)$					$4 \cdot (10^2)$			
$5 \cdot (10^{13})$					$0 \cdot (10^9)$					$3 \cdot (10^7)$					$6 \cdot (10^4)$					$0 \cdot (10^1)$			
$1 \cdot (10^{12})$					$4 \cdot (10^{10})$					$2 \cdot (10^6)$					$5 \cdot (10^3)$					$3 \cdot (10^0)$			
↑ ↑ ↑					↑ ↑ ↑					↑ ↑ ↑					↑ ↑ ↑					↑ ↑ ↑			
2 5 1					3 0 4					9 3 2					7 6 5					4 0 3			

Ist dieses hier in einer Übersicht dargestellte Prinzip der Bündelung beziehungsweise der Zusammenfassung erkannt worden, das heißt haben die Schüler im konkreten Umgang mit Mengen operativ erfaßt,

- daß jede Bündelung von Elementen des Niveaus *a* nach Vorschrift zu Elementen vom Niveau *b* einer möglichen neuen Bündelung führt,
- daß auf jedem Niveau bei der Bündelung eine "Restmenge" übrig bleiben kann, die nicht mehr zu einem der Vorschrift entsprechenden Bündel zusammenfaßbar ist,
- daß bei der symbolischen Darstellung der Zahleigenschaft dieser Restmenge das Niveau der Elemente eindeutig gekennzeichnet werden muß,
- daß diese Kennzeichnung durch die Position des die Zahleigenschaft der Restmenge beschreibenden Symbols (Ziffer) in einer Symbolfolge (Ziffernfolge) eindeutig erfolgen kann,

stellen weder der Umgang mit Zahlwortsymbolen noch mit Zeichensymbolen (einfacher: das Lesen und Schreiben von

Zahlen und die Operation mit Zahlen) eine Schwierigkeit dar. Das Umsetzen von Ziffernfolgen in Zahlennamen und umgekehrt wird damit zu einem weitgehend "technischen" Problem degradiert, das mit der zusätzlichen Kenntnis, daß größere Ziffernfolgen wegen der besonderen Eigenart der Namensgebung gleichsam in Sätze (Dreierschritte) aufgelöst und der Reihe nach gelesen oder geschrieben werden können, leicht bewältigt wird.

Weit wichtiger dagegen ist jedoch die Feststellung, daß das Operieren mit "großen Zahlen" keinen anderen Gesetzmäßigkeiten folgt als das mit kleinen Zahlen, daß es sich hier immer um ein auf der Ebene der Menge stellvertretend aufweisbares Bündeln und Entbündeln handelt. Dabei ist es gleichgültig, ob wir es mit Elementen höheren oder niederen Niveaus zu tun haben, ob die Ziffern durch ihre jeweilige Position einen höheren oder niederen Wert symbolisieren. Es kann im Gegenteil sogar die im folgenden noch nachzuweisende obige Hypothese erneut aufgegriffen werden, daß mit der getrennten "Behandlung" verschiedener Zahlenräume künstlich Schwierigkeiten aufgebaut werden, die der Erfassung des Stellenwertsystems und damit der Initiierung kategorialer und fundamentaler Einsichten beim Operieren mit den Zahlen entgegenstehen.

Auf ein Problem muß im Zusammenhang mit der Strukturfeldanalyse noch hingewiesen werden:

Das Stellenwertsystem im Allgemeinen und das dezimale Positionssystem im Besonderen kann nach wiederholt geäußerten und auch hier vertretener Auffassung nur dann voll verstanden werden, wenn dieses Stellenwertsystem auch bei anderen Bündelungsvorschriften angewandt wird. Erst dadurch scheint die allgemeine Struktur des Stellenwertsystems (Bündelung nach Vorschrift, Anordnung der Bündel nach dem Niveau der Elemente) und das Besondere des Dezimalsystems (Bündelungsvorschrift: 10 Elemente bilden eine neue Einheit) erkennbar zu sein.

Nach dem bisher hier vorgeschlagenen Weg ist es möglich, die Schüler schnell zur allgemeinen Struktur des Positionssystems zu führen, wie es sich in reiner Form im m -adischen Positionssystem darstellt:

"Es seien $k, m, n \in \mathbb{N}$ und $m > 1$. Dann nennt man $n_k n_{k-1} n_{k-2} \dots n_1 n_0$ eine Darstellung der natürlichen Zahl im m -adischen Positionssystem genau dann, wenn $n = n_k \cdot m^k + n_{k-1} \cdot m^{k-1} + n_{k-2} \cdot m^{k-2} + \dots + n_1 \cdot m^1 + n_0 \cdot m^0$ mit $0 \leq n_i < m$ für $i = 0, \dots, k$ und $n_k > 0$, wenn $n > 0$ " (GOLL, 245).

Diese allgemeine Struktur des Positionssystems ist dann erfaßt, wenn die Schüler die durch eine Ziffernfolge repräsentierte Zahl der Basis a in eine gleichwertige Basis b überführen können, ohne daß dazu die in unserem folgenden Beispiel mit aufgezeigten "Rechenregeln" angegeben werden:

Abbildung 2

Darstellung einer Dezimalzahl im Fünfersystem:

$$1 \ 3 \ 2 \ 4_{10} \longleftrightarrow (\ ? \)_5$$

Die Vorschrift lautet: Bündelung von je 5 Elementen

1 3 2 4 gebündelt	zu 5 = 2 6 4	Bündel	der 1. Stufe (5^1)
	Rest ④ Elemente		der „0.“ Stufe (5^0)
←			
2 6 4 Bündel d. 1. Stufe geb.	zu 5 = 52	Bündel v. Bündel	2. Stufe (5^2)
	Rest ④ Elemente		der 1. Stufe
←			
5 2 Bündel d. 2. Stufe geb.	zu 5 = 10	Bündel	der 3. Stufe (5^3)
	Rest ② Elemente		der 2. Stufe
←			
1 0 Bündel d. 3. Stufe geb.	zu 5 =	② Bündel	der 4. Stufe (5^4)
		Rest ① Elemente	der 3. Stufe

Wir erhalten also für jede Stufe folgende „Restmengen“:

Stufe:	5^4	5^3	5^2	5^1	5^0
Zahl der Elemente je Stufe	2	0	2	4	4

$$1 \ 3 \ 2 \ 4_{10} \longleftrightarrow 2 \ 0 \ 2 \ 4 \ 4_5$$

Kontrolle: Umkehrung

5 ⁴	5 ³	5 ²	5 ¹	5 ⁰		
2	0	2	4	4		
↓	↓	↓	↓	↓		
			4 · 5 ⁰		=	4
		2 · 5 ¹	4 · 5 ¹		=	20
	0 · 5 ²				=	50
2 · 5 ⁴					=	—
2	0	2	4	4 _s	←→	1324 ₁₀

Im folgenden sollen die in der Strukturfeldanalyse aufgezeigten Strukturelemente des Positionssystems zu einem Strukturaufbau geordnet und daran anschließend mögliche Wege¹⁾ der Erarbeitung einiger Elemente aufgezeigt werden. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß der dargestellte Aufbau nur als ein Abschnitt eines Gesamtaufbaus angesehen werden darf. Im Vorfeld dieses Aufbaus befinden sich der Zahlbegriff, die Zahlen 1 bis 10, sowie die Verknüpfung dieser Zahlen.

3. Strukturelemente - geordnet zu einer Strukturfolge

Folgende durch die Strukturfeldanalyse sichtbar werdende Strukturelemente sind dem Grad ihrer Komplexität nach mit Grobzielen in der Hierarchie der Lernziele vergleichbar. Die methodischen Hinweise im nächsten Kapitel enthalten zu einigen Elementen die ihnen entsprechenden Feinziele.

1. Äquivalenz- und Ungleichheitsrelationen (gleichviel, mehr, weniger) bezüglich der Zahleigenschaft lassen sich auch bei Mengen mit mehr als 10 Elementen herstellen.
2. Die Menge bleibt trotz unterschiedlicher Ordnungen der Elemente enthalten.
3. Die Grundmenge bleibt bei einer Aufgliederung in Teilmengen (Bündelung einer bestimmten Anzahl von Elementen) erhalten.

¹⁾ Sowohl die Anordnung der Strukturelemente als auch die Methoden zu ihrer Erarbeitung bedürfen einer empirischen Überprüfung.

4. Gegliederte (einheitlich gebündelte) Mengen sind bezüglich ihrer Mächtigkeit leichter bestimmbar, wenn wir die Menge der äquivalenten Teilmengen und die Menge der restlichen Elemente bilden.
5. Die Zahleigenschaft der Menge der Teilmengen und die Zahleigenschaft der Menge der restlichen Elemente können mit den gleichen Symbolen gekennzeichnet werden. Eine Menge, deren Elemente durch 6 Teilmengen gebildet werden, ist ebenso Repräsentat der Äquivalenzklasse "6" wie eine Menge aus 6 Elementen erster Stufe.
6. Da die Elemente beider Mengen verschiedenen Stufen angehören, treffen wir die Übereinkunft: Ziffern als Symbole der Mächtigkeit der Mengen von Mengen (Mengen von Teilmengen, Mengen mit Elementen 2. Stufe) werden stets vor die Ziffern als Symbole der Mächtigkeit von Mengen gesetzt.
7. Leere Mengen werden mit einer "0" gekennzeichnet.
8. Mit Mengen von Teilmengen (Mengen mit gebündelten Elementen) kann man in gleicher Weise operieren wie mit Mengen, die aus ungebündelten Elementen bestehen.
9. Mengen von ungebündelten Elementen (niederen Niveaus/niederer Ordnung) mit einer Mächtigkeit $m \geq b$ (b ist die Basis, Ordnungsvorschrift, Bündelungsvorschrift) sind zu bündeln und der Menge der Mengen zuzuordnen.
10. Gebündelte Mengen können in ihrer Anzahl wieder so groß sein, daß deren Übersichtlichkeit beeinträchtigt ist. Wir fassen sie zu Mengen der Mengen von Mengen (Bündelung 2. Stufe /Elemente 3. Niveaus) zusammen.

11. Die die Mächtigkeit der Menge von Mengen symbolisierende Ziffer setzen wir vor das Symbol der Mächtigkeit der Menge von Mengen.
12. Elemente 3. Niveaus lassen sich zu Elementen 4. Stufe zusammenfassen usw.
13. Alle Elemente niederen Niveaus lassen sich beim Überschreiten der durch die Ordnungsvorschrift (Basis) bestimmten Anzahl der zu bündelnden Elemente zu Elementen höheren Niveaus zusammenfassen.
14. Die Mächtigkeit der Teilmengen (Bündelungsvorschrift) ist grundsätzlich beliebig wählbar.
15. Diese von der Sachstruktur her grundsätzliche Beliebigkeit wird durch die im Punkt 4 für die Grundelemente getroffene Feststellung eingeschränkt.
16. Mit steigender Anzahl der zu einem Bündel (Teilmenge) zusammengefaßten Elemente steigt auch die Anzahl der erforderlichen Wort- und Ziffernsymbole: bündeln wir jeweils zwei Elemente, so benötigen wir nur zwei Symbole, bündeln wir jeweils 25 Elemente, brauchen wir 25 Symbole. Je größer die Basis, desto größer ist die Anzahl der erforderlichen Symbole, desto weniger Bündelungen sind erforderlich.
17. Die Basen $b = 8$ beziehungsweise $b = 12$ haben den Vorzug, nach einem dreimaligen beziehungsweise zweimaligen Halbieren immer noch eine ganze Zahl zu liefern.
18. Wir rechnen mit Zehnerbündeln (im Dezimalsystem).
19. Im Dezimalsystem kennen wir folgende Grundzahlwörter: eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun, null und die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.

20. Die Zusammenfassungen von Zehnern haben eigene Namen (Wortsymbole)

1 Bündel = "zehn"	6 Bündel = "sechzig"
2 Bündel = "zwanzig"	7 Bündel = "siebzig"
3 Bündel = "dreißig"	8 Bündel = "achtzig"
4 Bündel = "vierzig"	9 Bündel = "neunzig"
5 Bündel = "fünfzig"	

21. Haben wir die Anzahl der Elemente von Mengen der 1. und 2. Stufe durch Ziffern symbolisiert, so können wir diese Ziffernkombinationen in eine Zahlwortkombination umsetzen ("Zahlen lesen")

47 = sieben und vierzig

25 = fünf und zwanzig

Ausnahmen:

19 = neun zehn

18 = acht zehn

17 = sieb zehn

16 = sech zehn

15 = fünf zehn

14 = vier zehn

13 = drei zehn

12 = zwölf

11 = elf

} Hier lassen wir das "und" weg

22. Bündelungen zweiter Stufe bezeichnen wir als "Hunderter". Sie haben "hundert" Elemente.

23. Bündelungen der 3. 6. 9. 12. ... Stufe haben eigene Namen.

3. Stufe - Tausender (tausend)

6. Stufe - Millionen

9. Stufe - Milliarden

12. Stufe - Billionen usw.

24. Bündelungen höherer Stufen können wir uns allenfalls vorstellen, sie sind konkret nicht mehr ausführbar.

25. Es gibt Elemente, deren Bündelung wir auch auf niederen Stufen nur vorstellend durchführen können.
26. Zahlen der Basis 10 lassen sich in Zahlen anderer Basen überführen und umgekehrt.
27. Bei allen Basen wird durch eine bestimmte Position der Ziffer in einer Ziffernfolge das gleiche Bündelungsniveau (die gleiche Potenz) repräsentiert.

3.4.2.3. Methodische Überlegungen

1. Allgemeine Überlegungen

Es können hier zur Erarbeitung nur einiger Strukturelemente methodische Hinweise gegeben werden. Für die Erarbeitung der einzelnen Strukturelemente lassen sich vorweg jedoch folgende generelle Feststellungen treffen:

1. In Anlehnung an PIAGET wird auch hier der Grundsatz vertreten, daß bestimmte Formen des Denkens nur auf dem Weg über das Ausführen von Handlungen und über das vorstellende Handeln entwickelt werden können. Das Prinzip des Stellenwertsystems scheint nur über ein wiederholtes Bündeln und Entbündeln nach je verschiedener Bündelungsvorschrift erfaßbar zu sein.
2. Dabei ist darauf zu achten, daß die Schüler recht bald die Möglichkeit erhalten, Bündelungen und Entbündelungen sowie Operationen mit diesen Bündeln vorstellend auszuführen. Wie eine an anderer Stelle (vgl. Untersuchungen 5.1.1. und 5.1.2.) zu referierende Untersuchung zeigt, stellt die häufig anzutreffende Annahme, daß Kinder sich gleichsam automatisch von der konkreten Handlung lösen, wenn sie das Prinzip dieser Handlung erfaßt haben, einen Trugschluß dar. Das vorstellende Handeln kann nur über einen besonderen Lernprozeß und

durch ein besonderes Training kurzfristig und in der erwünschten Form erlangt werden.

3. Das nachfolgende Strukturelement ist erst dann zu "behandeln", wenn der Schüler die Struktur des vorhergehenden Elementes erfaßt hat (Prüfung mit Hilfe isomorpher Items).
4. Es ist darauf zu achten, daß einzelne Operationen nicht isoliert voneinander ausgeführt werden, sondern stets auf ihre Struktur hin verglichen werden. Das sogenannte Rechnen einer Vielzahl von Übungsaufgaben sollte zugunsten einer Betrachtung der Strukturzusammenhänge reduziert werden.
5. Beim Vorgehen nach Strukturaufbauten stellt das Erkennen der Strukturgleichheit verschiedener Inhalte und Zusammenhänge oberstes Lernziel dar. Das Angeben von Rechenverfahren verhindert beziehungsweise erschwert die Erfassung mathematischer Strukturen.

2. Spezielle Hinweise zur Erarbeitung der Strukturelemente

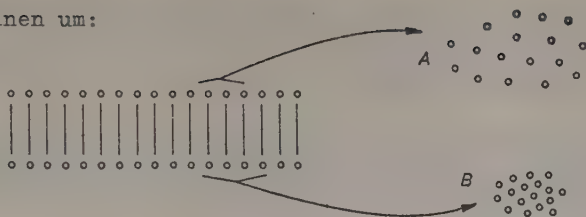
Hinweise zu den Strukturelementen 1 und 2.

Die Schüler bilden Zweiergruppen.

Jeder Schüler erhält 17 (32, 45) Muggelsteine in je einer einheitlichen Farbe.

<u>Problem</u>	<u>Entscheidung des Schülers</u>
L 1: Wer hat mehr Muggelsteine?	Es sind gleichviel
L 2: Wie ist die Entscheidung überprüfbar?	Durch Zuordnen
	
L 3: War die Entscheidung (L 1) richtig?	Die Entscheidung war richtig (falsch)

Wir ordnen um:

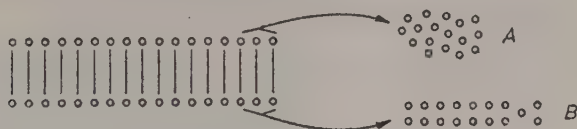


L 4: Wer hat jetzt mehr?
Warum?

Antwort 1: Gleichviel
Aus der Antwort muß eindeutig die Umkehrbarkeit des Umordnungsvorganges hervorgehen. Ist diese Forderung erfüllt, sollte die gleiche Aufgabe unter der Verwendung von 42 Steinen gestellt werden. Bei erneuter Bestätigung der Mengenkonzanz kann mit der Einheit L 5 begonnen werden.

L 4.1.: Wie können wir diese Vermutung überprüfen?

Durch Zuordnung. Der Schüler führt die Zuordnung selbst aus. Wir ziehen farbige Kreise um die geordneten Steine und ordnen daran anschließend erneut wie folgt um:



L.4.2.: Wer hat jetzt mehr? Warum?

Antwort: Niemand hat mehr. Bei richtiger Begründung Wiederholung der Aufgabe mit anderer Anzahl der Elemente und anderen Steinen.
Antwort 2: A (B)
Weitere gleichartige Übungen mit 4 Elementen beginnend.

Weitere Übungen:

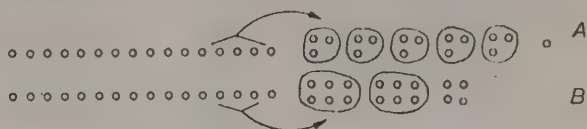
Ü. 1: Ein Kind legt eine Figur vor, ein zweites Kind legt Figur nach (bei 4 Elementen beginnend) - danach Wechsel.

- Ü. 2: Ein Kind sondert mit einer Hand eine Teilmenge aus einer Grundmenge aus, ein zweites Kind soll mit "einem Griff" die gleiche Menge aussondern. Wechselseitiges Spiel, bis ein Schüler die vorgegebene Menge zweimal "getroffen" hat.
- Ü. 3: Feste Mengenbilder sind auf einem Blatt vorgegeben. Wir versuchen eine Menge gleicher Mächtigkeit bei anderer Ordnung der Elemente zu bilden (kein Abzählen!).



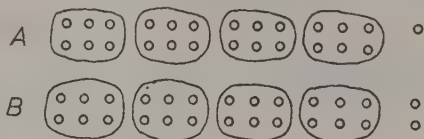
- Ü. 4: Gleiche Spiele mit Würfeln
 Ü. 5: Gleiche Spiele mit Stäbchen
 Ü. 6: Gleiche Spiele mit verschiedenfarbigen Elementen
 Ü. 7: Gleiche Spiele mit Elementen unterschiedlicher Form

L 5: Strukturelement 3: Wer hat mehr Muggelsteine?



Je mehr Elemente ich zu einem Bündel zusammenfasse, desto weniger Teilmengen entstehen.

L 6: Strukturelement 4: Wo sind mehr Steine?



Alle Kinder bündeln die Elemente nach gleicher Vorschrift. Vergleich: Wer hat die meisten Bündel?

L 7 - L 18: Strukturelemente 5 - 8:

L 7: Die labile Ordnung der Muggelsteine erschwert den Vergleich. Wir nehmen künftig Würfel und setzen diese in vorgefertigte "Kisten" (zwangswises Bündeln)



L 8: Wir vergleichen: Es gehen jeweils 8 Würfel in jede Kiste. Wer hat die meisten vollen Kisten?

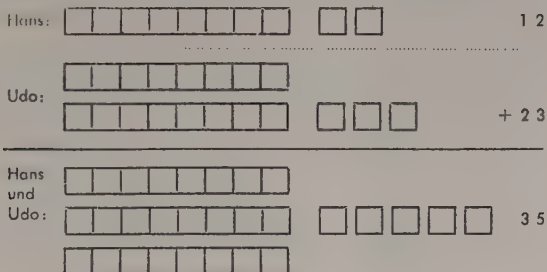
L 9: Wir notieren: $\boxed{2}$ = "volle Kisten"

3 = "restliche Würfel"

L10: Es ist zu umständlich, jeweils die vollen Kisten durch ein Kästchen gesondert zu kennzeichnen - wir "schreiben" daher die vollen Kisten immer vor die Würfel (genauer: wir schreiben die Symbole der Zahleigenschaft der Menge der vollen Kisten vor die Symbole ...)

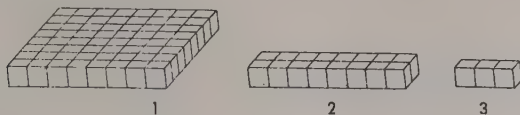
L11: Was stellen folgende Ziffernkombinationen dar:
 $43 = 4$ volle Kisten, 3 Würfel
 $25 =$

L12: Hans und Udo legen ihre Kisten zusammen



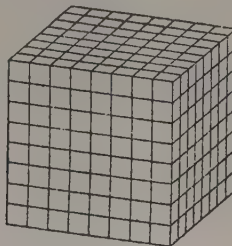
L13: Martina hat nur 3 volle Kisten und keinen weiteren Würfel zusätzlich.
 Sie schreibt: 30

L14: Udo, Hans, Martina und Klaus legen ihre Kisten zusammen. Sie haben jetzt so viele Stangenkisten, daß sie eine Plattenkiste füllen können
 Wir schreiben auf:



L15: Jens, Karsten, Erich und Kurt haben aufgeschrieben:
 2 5 7
 Wieviel Kisten von jeder Sorte haben sie?

- L 16: Die Schüler der gesamten Klasse legen ihre Kisten zusammen.
Sie können eine Würfelkiste füllen.



- L 17: Hans nimmt seine Kisten wieder weg. Wieviele Kisten bleiben übrig?

$$\begin{array}{r} 267 \\ - \quad 52 \\ \hline \end{array}$$

- L 18: Wir packen unsere Würfel in Sechser - Kisten
und daran anschließend in Zehner - Kisten.
Wir vergleichen die notierten Ziffern.

3.4.3. Didaktische Folgerungen aus der Strukturfeldanalyse

1. Das Stellenwertsystem ist in seiner Darstellung als Bündelungssystem nur dann voll faßbar, wenn dem Schüler die Möglichkeit zum Erkennen der durchgängigen Bündelung nach Vorschrift gegeben wird. Eine isolierte Bündelung von Elementen nur eines Niveaus läßt diese kategoriale Einsicht nicht zu.
2. Da die Bündelungen nur auf der Ebene der Menge konkret ausgeführt und nur dort Niveauunterschiede der Elemente verschiedener Bündel aufgezeigt werden können, muß auch vor der Einführung des Stellenwertsystems als Ziffernssystem (das eine Abstraktion des Bündelungsprozesses darstellt) und vor der Operation mit durch Ziffernfolgen symbolisierten Zahlen die entsprechende Operation auf der Mengenebene ausgeführt werden.
3. Da der Schüler nur beim Operieren mit Mengen, deren Elemente verschiedenes Niveau (Stufe der Bündelung) aufweisen, erkennen kann, daß die Struktur der Operation nicht vom Niveau der Elemente beeinflußt wird, ist auch bei den Zahloperationen von Beginn an die Einsicht zu vermitteln, daß zum Beispiel $3 + 4 = 7$ immer gültig ist, gleichgültig, welchen "Positionswert" diese Ziffern repräsentieren. Jedes andere Verfahren verhindert diese Grundeinsicht und wirkt sich somit hemmend auf den Lernprozeß der Schüler aus.
4. Im Sinne eines Vorgehens nach Strukturaufbauten scheint folgende schrittweise Erweiterung des Zahlbereichs erforderlich zu sein:
a) 1 - 10 b) 1 - 1000 c) 1 - ∞

Dabei ist die Abgrenzung zwischen diesen drei Zahlbereichen, zumindest zwischen den Bereichen b und c - wie aus obigem Beispiel erkennbar ist - gegenüber der bisherigen Praxis als relativ schwach anzusehen.

3.4.4. Kritik des synthetischen Verfahrens der Zahlbereichserweiterung aus der Sicht des Konzeptes der Strukturaufbauten

Auf Grund der Ergebnisse der Strukturfeldanalyse muß das oben dargestellte Verfahren des von Schuljahr zu Schuljahr schrittweisen, langsamen Erweiterns der Zahlenräume als eine

1. der Sachstruktur nicht entsprechende,
2. den Kenntnis- und Erkenntnisstand der Schüler nicht ausreichend berücksichtigende und
3. auf die mathematische Leistungsfähigkeit der Schüler sich hemmend auswirkende didaktische Maßnahme angesehen werden.

3.5. Formulierung der in der Kritik gegenwärtiger rechendidaktischer Konzepte und in der Begrün- dung des Neuvorschlags enthaltenen Hypothesen

Wir haben bisher verschiedene didaktische und methodische Maßnahmen der Schule für Lernbehinderte kritisiert und als mögliche Ursachen einer negativen Beeinflussung des Lernerfolgs der Schüler aufgezeigt. Diese Kritik, die sich zunächst auf generelle didaktische Empfehlungen und Entscheidungen bezog, wurde am Beispiel der Praxis gegenwärtigen Rechenunterrichts in einigen Punkten spezifiziert. Sie setzte an

- bei den Widersprüchen zwischen dem von der Schule gesetzten Anspruch eines Eingehens auf die besonderen Erfordernisse des Schülers einerseits und den in dem Mathematikunterricht vorfindbaren Realitäten andererseits,
- bei der unzureichenden Strukturorientierung und bei dem damit direkt verbundenen Verzicht auf Förderung des Erkennens von Zusammenhängen,
- bei unpräzisen methodischen Anweisungen und
- bei der allgemein bei didaktischen Entscheidungen festzustellenden Unsicherheit.

Es zeigte sich, daß die oben aufgezeigten allgemeinen Kritikpunkte gegenwärtiger Didaktik der Schule für Lernbehinderte auch für den Bereich des Rechenunterrichts aufrecht zu halten sind. Wir können daher die oben formulierten Kritikpunkte und Thesen wie folgt spezifizieren:

1. In verschiedenen Untersuchungen hat sich der programmierte Unterricht gegenüber anderen Unterrichtsverfahren als gleich effizient oder gar als effizienter erwiesen. Auf Grund der mangelnden empirischen Fundierung und der unzureichenden Strukturorientierung muß seine Effizienz jedoch ebenso wie die anderer gegenwärtig praktizierter Verfahren als nicht optimal angesehen werden.

Hypothese 1: Das TT-Programm "Dezimalrechnen" kann mittels einer genaueren Fehleranalyse und einer daraus resultierenden besseren Strukturorientierung effektiver gestaltet werden.

2. Die Sonderschule und die Grundschule versäumen es, dem Schüler die für die Zahlbegriffsentwicklung bedeutsame Mengeninvarianz zu vermitteln.

Hypothese 2₁: Lernbehinderte Sonderschüler gelangen erst im 4. oder 5. Schulbesuchsjahr zum invarianten Verhalten.

Hypothese 2₂: Mengeninvariantes Verhalten kann mittels eines strukturorientierten Trainings auch bei lernbehinderten Schülern zu einem früheren Zeitpunkt erreicht werden.

3. Die gegenwärtige Praxis ist unzureichend strukturorientiert.

Hypothese 3₁: Sonderschüler weisen bei strukturgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen unterschiedliche Leistungen auf.

Hypothese 3₂: Lernbehinderte Sonderschüler weisen bei den Umkehroperationen Addition und Subtraktion unterschiedliche Leistungen auf.

4. Der unzureichende Lernerfolg ist nicht oder nicht allein durch die geminderte Leistungsfähigkeit des Schülers oder durch einen besonderen Schwierigkeitsgrad der Struktur des Inhalts, sondern durch eine Fehleinschätzung der Leistungsfähigkeit der Sonderschüler bedingt.

Hypothese 4₁: Auf der Basis strukturorientierten Unterrichts sind lernbehinderte Sonderschüler in der Lage, die Struktur des Positionssystems zu erkennen und strukturgleiche Operationen in verschiedenen Zahlbereichen auszuführen.

Hypothese 4_2 : Lernbehinderte Sonderschüler erzielen bei der Analyse logischer Reihen einen bedeutsamen Lernerfolg.

Hypothese 4_3 : Sonderschüler sind in der Lage, ihre Leistung bei der Bestimmung relativer Längen zu verbessern.

5. Methodische Fehler beeinflussen den Lernerfolg der Schüler negativ.

Hypothese 5_1 : Die permanente Beachtung des Prinzips der "Anschauung durch alle Sinne" hemmt die Entwicklung abstrakten Denkens.

Hypothese 5_2 : Die "schriftliche" Addition und Subtraktion kann vor oder zugleich mit den entsprechenden "mündlichen" Operationen eingeführt werden.

Hypothese 5_3 : Die vom Bildungsplan des Landes Hessen empfohlene lineare Anordnung der Elemente einer Menge läßt die Mächtigkeit der Menge schwerer erfassen als andere Anordnungen.

6. Ein Unterricht, der die hier genannten Fehler meidet, führt notwendig nicht nur zu besseren Lernergebnissen, sondern zu einer positiven Beeinflussung der gesamten intellektuellen Leistungsfähigkeit.

Hypothese 6 : Strukturorientierter Unterricht führt zu einer Anhebung des Intelligenzquotienten.

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wurde eine größere Anzahl von Untersuchungen durchgeführt, von denen sechzehn im folgenden näher dargestellt werden sollen.

4. Übersicht über die für die Überprüfung der Hypothesen geplanten Untersuchungen, Begründung der Untersuchungen in Stichworten

Fragestellung 1:

Untersuchungen zur Abhängigkeit des Lernerfolges der Schüler von dem Entwicklungsstand der in der Grund- und Hauptschule angewandten Unterrichtsverfahren

Hypothese 1.1.

Untersuchung 1.1. (LS¹⁾):

Überprüfung der Effektivität heutiger Unterrichtsverfahren - dargestellt am Beispiel programmierten Unterrichts

Probanden:

Alle Schüler des 5. Schulbesuchsjahres (Hauptschüler und Realschüler) der Mittelpunktschule Eiterfeld, N = 105

Zeitpunkt:

Kurz vor Abschluß des 5. Schulbesuchsjahres

Untersuchung 1.2. (LS):

Überprüfung der Effektivität heutiger Unterrichtsverfahren-Kontrolluntersuchung zur Untersuchung 1.1.

Probanden:

Haupt- und Realschüler des 5. Schulbesuchsjahres der Mittelpunktschule Eiterfeld, N = 105

Zeitpunkt:

14 Tage nach Beginn des 5. Schuljahres

Grundüberlegungen:

Der programmierte Unterricht weist sich gegenüber dem durch den Lehrer erteilten konventionellen Unterricht in der überwiegenden Mehrzahl vergleichender Untersuchungen als gleich effizient beziehungsweise als effizienter aus. Wählt man mit dem TT - Programm "Dezimalrechnen" eines der erprob-

1) LS = Längsschnittuntersuchung, QS = Querschnittuntersuchung

testen Unterrichtsprogramme aus dem Kreis vorliegender Unterrichtsprogramme aus, so kann - vorausgesetzt die bisherigen Forschungsergebnisse sind gültig - die Effizienz dieses Programms im Vergleich zu der eines modifizierten Programms einen Hinweis auf die Effizienz bisheriger Unterrichtsverfahren der Grund- und Hauptschule zumindest beim behandelten Problemkreis liefern.

Es ist vor allem zu überprüfen, ob das Versuchsprogramm mittels einer Fehleranalyse und der daraus ableitbaren didaktischen Konsequenz so umgestaltet werden kann, daß ein höherer Lernerfolg eintritt. Sollte dies möglich sein, so kann nicht nur das überprüfte Programm als nicht optimal bezeichnet werden, vielmehr sind dadurch auch Hinweise auf die Effizienz übriger Unterrichtsverfahren gewonnen, die in einem noch geringeren Maße einer empirischen Kontrolle unterworfen sind als der programmierte Unterricht.

Schulversagen wäre somit unter anderem auch durch die mangelnde Effizienz der praktizierten Methoden und Verfahren erklärbar.

Fragestellung 2:

Untersuchungen zur Abhängigkeit des Lernerfolges
der Schüler von der Beachtung der Lernvoraussetzungen

Hypothese 2.1.

Untersuchung 2.1.1. (QS):

Untersuchungen der Mengeninvarianz von nach gegenwärtigen Konzepten unterrichteten lernbehinderten Sonderschülern

Probanden: 6- bis 11-jährige lernbehinderte Sonderschüler,
N = 325

Untersuchung 2.1.2. (LS):

Die Veränderung mengeninvarianten Verhaltens von lernbehinderten Sonderschülern in einem Zeitraum von sechs Monaten.

Probanden:

120 Probanden der Altersstufen 8, 9, 10 und 11 der Untersuchung 2.1.

Zeitpunkt:

Sechs Monate nach Abschluß der Untersuchung 2.2.

Hypothese 2.2.

Untersuchung 2.2. (LS):

Untersuchung der Erlernbarkeit invarianten Verhaltens durch Sonderschüler mit Hilfe eines strukturorientierten Programms

Probanden:

Alle Schüler, die auch in der Untersuchung 2 sich als variant erwiesen hatten, $N = 35$

Zeitpunkt:

Unmittelbar nach Abschluß der Untersuchung 2

Grundüberlegungen:

Das invariante Verhalten ist wesentlicher Bestandteil der Entwicklung des Begriffs der Kardinalzahl. Der Zahlbegriff ist wiederum Voraussetzung für das Verständnis der Zahloperationen. Die Mehrzahl der für die Untersuchung ausgewählten Sonderschüler führt in der Schule Zahloperationen aus. Folglich kann angenommen werden, daß die Kinder, von denen die Ausführung von Zahloperationen erwartet wird, über den Zahlbegriff und damit über die Mengenkonzanz verfügen. Bestätigt sich diese Annahme nicht (Untersuchung 2.1.), so muß zumindest bei den achtjährigen und älteren Probanden entweder ein Versäumnis der Schule oder ein besonderes Leistungsversagen (retardierte Entwicklung, Resistenz gegenüber Fördermaßnahmen) der Schüler vorliegen.

Grundschüler erzielen nach bisherigen Forschungsergebnissen invariantes Verhalten etwa um das 7. Lebensjahr. Die weitgehend gleichartigen Altersangaben legen die Vermutung nahe, daß das invariante Verhalten Produkt eines von äüße-

ren Einflüssen weitgehend unabhängigen Entwicklungsprozesses ist. Da diese Annahme bei einer zu erwartenden Retardierung der lernbehinderten Sonderschüler einem Mathematikunterricht nur geringe Chancen bietet, muß eine verantwortungsbewußte Didaktik der Möglichkeit der Einflußnahme auf die Entwicklung invarianten Verhaltens dennoch Beachtung schenken. Der Ermittlung der von äußeren Einflüssen unabhängigen selbständigen Veränderung varianten Verhaltens in einem bestimmten Zeitraum (Untersuchung 2.2.) muß daher die Überprüfung der Möglichkeiten gezielter Förderung gegenübergestellt werden (Untersuchung 2.3.), bevor adäquate didaktische Entscheidungen getroffen werden können.

Fragestellung 3:

Untersuchungen zur Abhängigkeit des Lernerfolgs von Sonderschülern von den durch die gegenwärtigen didaktischen Konzepte festgelegten Bedingungen

Hypothese 3.1.

Untersuchung 3.1. (QS):

Die arithmetischen Leistungen von lernbehinderten Sonderschülern der Klassen 3 bis 9 bei strukturgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen und bei zahlgleichen Umkehroperationen

Probanden:

Alle Schüler zweier Sonderschulen für Lernbehinderte (Klassen 3 bis 9), N = 296

Hypothese 3.2. Untersuchung 3.2. (QS)

Die arithmetischen Leistungen von Grund- und Sonderschülern des 3. und 4. Schuljahres bei strukturgleichen Operationen und Umkehroperationen im Grundbereich $G = \{1, 2, \dots, 20\}$

Probanden:

Lernbehinderte Sonderschüler und Grundschüler des 3. und 4. Schuljahres, N = 1200

Grundüberlegungen:

Durch das Erfassen der Strukturelemente des Positionssystems und das Erfassen der Struktur der Umkehroperationen Addition und Subtraktion können nicht speziell trainierte Operationen aus verschiedenen Zahlbereichen bewältigt werden. Das Erfassen oder Nichterfassen der Strukturelemente des Positionssystems und damit der Erfolg diesbezüglicher didaktischer Maßnahmen ist somit unter anderem an der Bewältigung strukturgleicher Items in verschiedenen Zahlbereichen erkennbar.

Fragestellung 4:

Untersuchung möglicher Lernleistungen der Schüler
unter veränderten Bedingungen

Hypothese 4.1.

Untersuchung 4.1. (LS):

Überprüfung der Lernleistung von Sonderschülern bei einer strukturorientierten Erarbeitung des Zahlbereichs

$$Z = \{0, 1, 2, \dots, 100\}$$

Probanden:

Lernbehinderte Schüler des 3. und 4. Schulbesuchsjahres, die additive und subtraktive Verknüpfungen im Zahlbereich 1 bis 10 (1 bis 20) ausführen können, $N = 28$

Hypothese 4.2.

Untersuchung 4.2. (LS):

Der Lernerfolg lernbehinderter Sonderschüler im Vergleich zu dem von Haupt- und Realschülern bei der Analyse der Struktur logischer Reihen

Probanden:

Haupt-, Real- und lernbehinderte Sonderschüler des 8. Schuljahres, $N = 72$

Hypothese 4.3.

Untersuchung 4.3.(LS):

Der Einfluß des Trainings auf die Bestimmung relativer Größen

Probanden:

Lernbehinderte Sonderschüler und Grundschüler des 3. und 4. Schuljahres, N = 210

Grundüberlegungen:

Unterschiedliche Leistungen bei strukturgleichen Items und bei zahlgleichen Umkehroperationen können sowohl durch eine besondere Leistungsschwäche der Schüler aber auch durch ineffektive, inkorrekte didaktische Entscheidungen bedingt sein. Bisher wurde das Leistungsversagen bei den genannten Operationen fast ausschließlich durch eine besondere Leistungsschwäche der Schüler beim Erkennen logischer Zusammenhänge begründet. Das Ziel einer optimalen Förderung der Schüler auch in jenen Bereichen, die selbständiges Handeln und Urteilen erst ermöglichen, muß jedoch zumindest die Möglichkeit einer Mitbedingung dieses speziellen Versagens durch außerhalb der Person des Schülers liegende Faktoren erwägen, ehe Entscheidungen dahingehend getroffen werden, daß ein strukturerfassendes Lernen dem Sonderschüler nicht möglich und daher (schulisch) nicht anzustreben ist.

Fragestellung 5:

Untersuchung zur Abhängigkeit des Lernerfolgs von der Effizienz methodischer Entscheidungen

Hypothese 5.1.

Untersuchung 5.1.1. (LS):

Überprüfung des Einflusses des "Prinzips der Anschauung" auf die Entwicklung abstrakten Denkens

Probanden:

Lernbehinderte Schüler, die im Zahlbereich 1 bis 20 additive und subtraktive Operationen ausführen können, N = 18

Untersuchung 5.1.2. (LS):

Überprüfung der Wirkung des "Prinzips der Anschauung"
- Kontrolluntersuchung zur Untersuchung 5.1.1.

Probanden:

Lernbehinderte Schüler, die im Zahlbereich 1 bis 20
additive und subtraktive Operationen ausführen können,
N = 20

Hypothese 5.2.

Untersuchung 5.2.

Vergleichende Untersuchung der Leistung von lernbehinder-
ten Sonderschülern bei der sogenannten "mündlichen" und
"schriftlichen" Addition und Subtraktion

Untersuchung 5.2.1.(QS):

Die Leistungen von Sonderschülern der Klassen 4 bis 9
bei der "mündlichen" und "schriftlichen" Addition und
Subtraktion

Probanden:

Alle Schüler zweier Sonderschulen, N = 296

Untersuchung 5.2.2. (LS):

Überlegungen und Untersuchungen zum Zeitpunkt der Ein-
führung der "mündlichen" und "schriftlichen" Addition
und Subtraktion

Probanden:

Lernbehinderte Schüler, die im Zahlbereich 1 bis 20
Additionen und Subtraktionen ausführen können, N = 38

Hypothese 5.3.

Untersuchung 5.3. (QS):

Untersuchung des komplexen Erfassens diskreter Mengen
in Abhängigkeit von der Anordnung der Elemente

Probanden:

860 Schüler des 3. und 4. Schuljahres der Grundschule und der Schule für Lernbehinderte.

Grundüberlegungen:

1. Spezielle Prinzipien und Empfehlungen für die Unterrichtsgestaltung der Schule für Lernbehinderte sind als Komplement (KLEIN) für bestimmte Ausfälle seitens der Schüler anzusehen. Diese Prinzipien gilt es nach bisheriger Auffassung einzuhalten, wenn der Schüler nicht überfordert und ein Lernerfolg im Rahmen des Möglichen gesichert werden soll. Das Prinzip der Anschauung ist zum Beispiel als ein methodisches Erfordernis bei einer Unfähigkeit zum abstrakten Denken anzusehen. Dieser in Querschnittuntersuchungen sich bestätigende Tatbestand kann jedoch methodisch adäquate Konsequenzen genannter Form nur dann nach sich ziehen, wenn exogene Verursachungsfaktoren des Versagens völlig ausscheiden und alleine endogene Faktoren für den Leistungsausfall oder für die Minderleistung verantwortlich sind. Da die für eine solche Entscheidung erforderlichen Längsschnittuntersuchungen weitgehend fehlen, soll im folgenden überprüft werden, ob Sonderschüler unter besonderen Bedingungen nicht doch zu abstrakteren Denkprozessen gelangen können (Untersuchungen 5.1.1. und 5.1.2.) und ob die konsequente Einhaltung des Prinzips der Anschauung durch alle Sinne nicht die Entwicklung abstrakten Denkens verhindert.
2. Eine Vielzahl methodischer und didaktischer Probleme werden in der Sonderschule seit Jahren gleichförmig gelöst, so daß in der Gegenwart überlieferte Entscheidungen weitgehend unreflektiert übernommen werden. So gibt es unseres Erachtens keinen einleuchtenden Grund dafür, weshalb bei Operationen im Zahlbereich $Z > 20$ zuerst die horizontale "mündliche" und späterhin die vertikale "schriftliche" Operationsform der Addition und Subtraktion eingeführt wird. Dagegen sprechen unseres Erachtens gewichtige Gründe (bessere Strukturorientiertheit, geringere Beanspruchung der Merkfähigkeit) für eine Umkehrung

der Folge. Eine empirische Überprüfung der Leistungen von Sonderschülern, die die Verfahren in der herkömmlichen Reihenfolge kennengelernt haben und solchen, die in der von uns vorgeschlagenen Folge unterrichtet worden sind, soll didaktische Entscheidungshilfen geben.

3. Inhalte, die vom Lehrer (oder von Personen, die didaktische Entscheidungen zu treffen haben) hinsichtlich ihrer Struktur subjektiv als einfacher angesehen werden und die dies unter Umständen objektiv auch sind, müssen vom Schüler unter besonderen Aspekten nicht als einfach angesehen werden. Die Einfachheit der Struktur der Anordnung der Elemente einer Menge garantiert zum Beispiel nicht, daß Mengen dieser Anordnung hinsichtlich ihrer Zahleigenschaft am besten erfaßt werden. Da bei der Bestimmung der Mächtigkeit von Mengen sich ein Ausgehen von den Anordnungen empfiehlt, deren Zahleigenschaft am besten erfaßt werden kann, können Entscheidungen dieser Art nicht intuitiv, sondern nur auf der Grundlage der Ergebnisse empirischer Überprüfungen getroffen werden.

Fragestellung 6:

Strukturorientierter Unterricht und Intelligenz-
entwicklung

Hypothese 6

Untersuchung

Überprüfung der Veränderung der Intelligenz struktur-
orientiert unterrichteter Kinder

Probanden:

Lernbehinderte Sonderschüler, die mindestens zwei Jahre
lang strukturorientierten Rechenunterricht erhalten
haben, N = 31

Grundüberlegungen:

Sollten die Hypothesen 1 bis 5 in den genannten Untersuchungen teilweise oder sogar vollständig verifiziert werden können, so kann angenommen werden, daß die Schüler, die nach einem Konzept unterrichtet werden, das die genannten Fehler meidet, nicht nur eine bessere schulische Leistung erzielen, sondern auch hinsichtlich ihrer allgemeinen Intelligenz gefördert werden.

4.1. Untersuchungen zur Abhängigkeit des Lernerfolges der Schüler von dem Entwicklungsstand der in der Grund- und Hauptschule angewandten Unterrichtsverfahren

4.1.1. Untersuchung 1.1:

Überprüfung der Effektivität heutiger Unterrichtsverfahren - dargestellt am Beispiel programmier-ten Unterrichts

Überprüfung der Hypothese 1

1. Allgemeine Vorüberlegungen

Geht man von dem Tatbestand langjähriger intensiver Erörterung didaktischer und methodischer Probleme aus, und studiert man den Themenkatalog der diskutierten Probleme, so könnte gefolgert werden, daß der Schule heute Kenntnisse zur Verfügung stehen, die ein hohes Maß an Lerneffektivierung ermöglichen. Daraus ließe sich weiterhin ableiten, daß - unbestritten der in den kybernetischen Ansätzen aufgezeigten Möglichkeiten der Informationsvermittlung, die erst am Anfang der Entwicklung stehen dürften - die konventionellen Ansätze nur noch punktuell und in Nuancen zu verbessern sind, sollten nicht einschneidende - wohl mehr physiologisch als psychologisch begründete - Erkenntnisse schulisches Lernen revolutionieren. Diese Überlegungen haben natürlich für das Anliegen der vorliegenden Arbeit, die durch gezielte Untersuchungen Hinweise auf eine Lernoptimierung bei Lernbehinderten erhalten will, besondere Bedeutung. Sollte nämlich nachgewiesen werden können, daß die Schule ihren Schülern optimale Lernmöglichkeiten bietet und sie Sonderschulbedürftigkeit trotz der Ausnutzung aller Möglichkeiten einer Förderung nicht verhindern kann, so müßte die oben vertretene Hypothese eines durch inadäquate didaktische Maßnahmen bedingten Schulversagens zumindest für den Bereich der Grund- und Hauptschule verworfen werden.

Die Überprüfung dieser Hypothese stellt sich als äußerst schwierig und vielschichtig dar, da verschiedene didaktische Ansätze, verschiedene Unterrichtsformen, verschiedene Stichproben mit je unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Probanden sowie unterschiedliche Themenbereiche und Unterrichtsfächer in die Untersuchung als Variable eingehen.

Da sich die vorliegende Arbeit exemplarisch mit dem Rechen-/ Mathematikunterricht der Schule für Lernbehinderte beschäftigt, liegt es nahe, die zuletzt genannte Variable durch die Festlegung auf den Mathematikunterricht und durch die Auswahl eines wichtigen und zentralen Themas innerhalb desselben zu eliminieren.

Unter den möglichen Unterrichtsformen kann ebenfalls insofern eine Vorauswahl getroffen werden, als durch Hinweise in der Literatur die nach bisherigen Auffassungen und Erfahrungen effektivste ausgewählt und überprüft wird. Als solches Verfahren kann der programmierte Unterricht angesehen werden, der sich in der Mehrzahl vergleichender Untersuchungen als das effektivste Verfahren herausgestellt ¹⁾ hat und zudem noch den Vorteil bietet, am besten objektivierbar zu sein.

Im Hinblick auf unser Untersuchungsanliegen sehen wir es als erforderlich an, der mit einem erprobten Programm arbeitenden Versuchsgruppe eine Kontrollgruppe gegenüberzustellen, die ebenfalls programmiert unterwiesen wird, wobei jedoch das Programm auf der Grundlage der Ergebnisse der Fehleranalyse der Versuchsgruppe modifiziert

¹⁾ SCHRAMM (1963) hat 36 diesbezügliche Untersuchungen gesichtet und festgestellt, daß bei 17 Vergleichen der programmierte Unterricht effizienter war als der konventionelle Unterricht, bei 18 Vergleichen konnten keine Differenzen festgestellt werden und nur einmal zeigte sich ein Leistungsplus bei der durch einen Lehrer unterrichteten Gruppe.

werden soll. Zur Überprüfung möglicher unterschiedlicher Effektivität stellen wir weiterhin der mit einem Programm unterrichteten Gruppe eine solche gegenüber, die in konventioneller Form, jedoch unter ständiger Beachtung der Lernvoraussetzungen der Inhalte und des Ausgangsniveaus der Schüler "strukturorientiert" unterrichtet wird.

Sollte in der geplanten vergleichenden Untersuchung die Effektivität des modifizierten Programms bedeutsam größer sein als die des Ausgangsprogramms, so können wir die Aussage treffen, daß die oben formulierten Auffassungen über die Effizienz heutiger Lernorganisation nicht gültig sind, und durch eine Änderung des didaktischen Konzepts sowie durch die Einbeziehung exakter empirischer Forschung bessere Lernsituationen geschaffen und Schulversagen teilweise abgebaut werden können.

4.1.1.2. Der programmierte Unterricht

Das programmierte Lernen und seine schulische Anwendung in Form des programmierten Unterrichts haben seit der "Sputnikpsychose" (FLECHSIG 1969, S. 59) beziehungsweise seit dem "Sputnikschock" (KLAUER 1964, S. 7) Amerikas im Jahre 1957 eine enorme Aufwärtsentwicklung erfahren. Wohl "kein Lehrverfahren ist jemals von einer so umfangreichen Forschungstätigkeit begleitet worden" (SCHRAMM 1969, S. 42) und "noch keine pädagogische 'Innovation' war in einer so ausdrücklichen Form in den Horizont wissenschaftlichen Denkens und Handelns eingebunden wie der programmierte Unterricht" (KLOTZ 1969, S. 21).

Große Hoffnungen waren und sind vielerorts an dieses Lehrverfahren geknüpft worden. Neben kritischen Befürwortern (E.R. HILGARD 1969, G. KLOTZ 1969), die "die Einführung des programmierten Lernens für eine gesunde Entwicklung" (HILGARD 1969, S. 40) halten, aber für eine "abgewogene Einschätzung" (HILGARD 1969, S. 40) plädieren ¹⁾ und eine weitere Erprobung und Forschung für unabdingbar halten (KLOTZ 1969), gibt es andere, die dieser Lern- und Lehrmethode sehr früh überragende Möglichkeiten zubilligten (vgl. CORRELL 1969, S. 15, DRALLE 1970, S. 70). Häufig wurde "seine Begründung von seinen Fürsprechern mit Missionsbewußtsein und apologetischem Enthusiasmus der breiten Öffentlichkeit nahe gebracht" (FLECHSIG 1969, S. 60). ²⁾ Wenn sich inzwischen durch fundierte Forschungsberichte die Zahl der unkritisch-

¹⁾ Frühe Forschungsberichte und Erfahrungsberichte wie die von W. SCHULTZE (1966) haben wesentlich dazu beigetragen

²⁾ G. KLOTZ (1969) spricht in diesem Zusammenhang von "den Fällen eines opportunistisch gefärbten blinden Enthusiasmus" (S. 31)

überschwenglichen Anhänger dieser Lehrmethode reduziert hat, so muß doch zunehmend der Ansicht beige-pflichtet werden, daß der programmierte Unterricht mittlerweile zu einem Instrument hoher Objektivität geworden ist (vgl. RUPRECHT 1972, S. 35). So kreist die neuere Diskussion des programmierten Unterrichts weniger um die Frage, ob dieser effektiver sei als andere Verfahren, sondern vielmehr um die Frage nach den Gefahren dieses hoch effektiven Instruments (vgl. u.a. H. BLANKERTZ 1970, S. 82 ff., H. RUPRECHT 1972, S. 38, F. HUISKEN 1972).

Dies ist vor allem dadurch bedingt, daß zumindest seine bedeutendsten deutschen Verfechter eine didaktische Position vertreten, die den Bereich der Auswahl der Inhalte und der übergeordneten Zielsetzung aus ihren Überlegungen ausklammern ("Verzichtproblem"): "Unter Didaktik verstehen wir die Aufstellung von Optimal-Strategien zur Erreichung vorgegebener Erziehungsziele" (CUBE 1972, S. 117).

Ohne hier näher sowohl auf das Verzichtproblem als auch auf eine nähere Beschreibung von Lernprogrammen und deren lerntheoretische Begründung eingehen zu können und zu wollen ¹⁾, erfordert das bessere Verständnis der im folgenden dargestellten Untersuchung doch einige kurze Informationen.

Versteht man unter programmiertem Lernen mit Felix von CUBE "die Zerlegung des Lernstoffes und seine Darbietung in kleine Informationseinheiten, die durch geeignete Fragen abgeschlossen werden, sowie eine Einrichtung zur sicheren und raschen Kontrolle der Schülerantworten" (CUBE 1964, S. 179), so ist hier ebenso wie in der folgenden Angabe der sieben "Charakteristika guter Programme" (CORRELL 1969, S. 24) das

1) Dies geschieht an anderer Stelle in hervorragender Weise (vgl. CUBE 1965, FLECHSIG 1969, SANDER o.J., SCHRAMM 1963 a, 1963 b)

sogenannte lineare Programm gemeint:

- " a) Das Programm muß seine Aufgabenteile in einer bestimmten logischen Ordnung präsentieren.
- b) Das Fortschreiten von einer Teilaufgabe zur nächsten muß einen relativ kleinen geistigen oder Erkenntnisschritt darstellen.
- c) Der Lernende soll diese kleinen Erkenntnisschritte so angemessen finden, daß er ein Minimum von Fehlern zeigt.
- d) Seine Antworten auf die einzelnen Fragen müssen im Programmieren vorweggenommen und standardisiert worden sein.
- e) Der Lernende muß sofort nach seiner Antwortleistung die Richtigkeit oder Falschheit seiner Reaktion überprüfen können.
- f) Der Lernende muß sein individuelles Tempo beibehalten dürfen.
- g) Jede richtige Antwort des Lernenden muß als Verstärkung (reinforcement) seiner eingeschlagenen Denkrichtung erlebt werden" (CORRELL 1969b, S. 24).

Neben diesem hier kurz skizzierten, von SKINNER in dieser Form begründeten linearen Programm besteht noch eine zweite Programmform: das von CROWDER konzipierte verzweigte Programm. Das lineare und das verzweigte Programm unterschieden sich hinsichtlich ihres Aufbaus im wesentlichen durch folgende Merkmale:

Lineare Programme

Auflösung des Informations-
gesamt in kleine Lern-
schritte, der Lernschritt
muß von 90 bis 95 Prozent
der Adressaten bewältigt
werden

Verzweigte Programme

Angemessene Lernschritte,
größere Informations-
einheiten

Der Lernende formuliert
die Antwort selbst

Der Lernende wählt aus Aus-
wahlantworten die richtige
aus

Umwege und das Einholen
von Zusatzinformationen
sind nicht möglich

Umwege sind eingeplant,
fehlende Informationen und
Einsichten können nachge-
holt werden

Diese Unterscheidungsmerkmale sind jedoch nicht zufälliger Art, sondern durch grundlegende theoretische Differenzen begründet. Während SKINNER in dem "Verstärken operativen Verhaltens" die Möglichkeit einer Kontinuität (latenten Permanenz) erwünschten Verhaltens sieht, kommt es CROWDER auf "das Erkennen von Zusammenhängen" an (vgl. FLECHSIG 1969, S. 72). Skinnersche Programme müssen daher so konstruiert sein, daß der Lernende gar keine andere Möglichkeit hat, als in der gewünschten Form zu reagieren. Dies geschieht mittels kleiner Lernschritte (step-by-step-learning). Da CROWDER demgegenüber die Theorie des all-or-none-learnings vertritt, kann er seine Informations-einheiten größer gestalten und Fehler des Lernenden akzeptieren.

Wegen dieser theoretischen Unterschiede ist eine ver-
gleichende empirische Untersuchung der Effektivität beider
Programme u.E. kaum möglich, da diese wohl zu unterschied-
lichen, durch eine Kontrolluntersuchung nicht erfaßbaren For-
men des Denkens und Verhaltens führen. Die häufig anzu-
treffende, für den theoretisch weniger interessierten
Praktiker bestimmte und vordergründig wohl auch richtige
Aussage, daß der Einsatz von linearen Programmen homogenere
Klassen und eine genauere Kenntnis des Ausgangsplateaus
der Schüler erfordere, das verzweigte Programm dagegen
nicht, scheint uns ein typisches Beispiel dafür zu sein,
daß die Diskussion um diese beiden Ansätze sich oft an
der Peripherie bewegt. Argumente dieser Art sollten u.E.
kein Entscheidungskriterium für einen gut geplanten und
bewußt gestalteten Unterricht sein.

Wenn nun in der folgenden Untersuchung mit dem TT - Programm "Dezimal-Rechnen" ein "branched programm" ausgewählt wurde, so ist dies einerseits im wesentlichen durch die Erfüllung der Auswahlkriterien (inhaltliches Tangieren des Problemkreises "Positionssystem", lang-jährige umfassende Erprobung, empirische Fundierung), aber auch durch eine theoretisch begründete Favorisierung dieser Programmform geschehen.

4.1.1.3. Darstellung der Untersuchung

4.1.1.3.1. Untersuchungsplanung

1. Ziel der Untersuchung: Überprüfung der Hypothese 1

Diese ist über die Beantwortung folgender Fragen möglich:

1. Welche Leistung erzielt die mit einem konventionellen Programm unterrichtete Stichprobe? - Überprüfung der Effektivität des TT-Programmes.
2. Läßt sich der Erfolg des programmierten Unterrichts noch erhöhen, wenn die Programme auf der Basis einer Strukturfeld- und einer neben der Durchlaufanalyse zusätzlich durchgeführten Fehleranalyse konzipiert wurden? - Überprüfung der Effektivität des strukturorientierten Eigenprogrammes.
3. Welche Leistungen erzielen die nach dem Modell des strukturorientierten Unterrichts durch einen Lehrer unterrichteten Kinder? - Überprüfung der Effektivität programmierten Unterrichts im Vergleich zum konventionellen Unterricht.

2. Bildung parallelisierter Stichproben

Durch die Festlegung des zu erarbeitenden Inhalts ist die Entscheidung für die Auswahl der Probanden teilweise präjudiziert. Da das ausgewählte Thema "Runden von Dezimalbrüchen" vom Hessischen Lehrplan 1957 für

das fünfte Schuljahr vorgeschlagen wird (S. 197), sollte auch die geplante Untersuchung an Kindern dieses Schuljahres durchgeführt werden. Weil weiterhin eine reziproke Beziehung zwischen der allgemeinen Leistungsfähigkeit und den praktizierten Unterrichtsverfahren besteht, und somit Schulversagen durch die Qualität dieser Beziehung verhindert oder mitbedingt sein kann, sollten im Interesse der Steigerung der Aussagekraft der Ergebnisse alle Kinder des fünften Schuljahres einer ausgebauten Schule in die Untersuchung einbezogen werden. Wegen der nur geringen Abwanderung auf andere weiterführende Schulen und der hohen Schülerzahl bot sich zur Durchführung der Untersuchung die Mittelpunktschule Eiterfeld an. Als weiterer Grund der Entscheidung für die Schule muß die Zuvorkommenheit des Rektors¹⁾ und des Kollegiums angesehen werden, die im Interesse dieser Untersuchung über zweimal sechs Wochen teilweise erhebliche Nachteile (zusätzliche Arbeit, Stundenplanänderung) in Kauf nahmen. Eine Untersuchung dieses Ausmaßes wäre sonst wohl kaum möglich gewesen.

Von den 112 Schülern des fünften Schuljahres befanden sich 28 in der Klasse R₅ (Realschule), 41 in der Hauptschulklasse 5a, 38 in der Hauptschulklasse 5b und 5 in der Sonderschulklasse für Lernbehinderte. Die fünf Sonderschüler mußten von Beginn an ausgeklammert werden, da sie das Strukturfeld (Positionssystem) noch nicht bewältigt hatten. Um bezüglich der allgemeinen Rechenleistung und weiterer, den Lernerfolg beeinflussender Leistungen parallele Stichproben bilden zu können, mußte eine gemeinsame Rangreihe hinsichtlich der bei der Erarbeitung des Inhalts vermutlich wirksamen Fähigkeiten und Leistungen erstellt werden. Diese Leistungen untergliedern sich in die allgemeine Begabung, in speziell für den Rechenunterricht erforderliche Fähigkeiten und schließlich in die schulische Rechenleistung.

1) Rektor F. HALBMAYR hat zusammen mit dem Verfasser die Untersuchung 1 geplant und über besondere Teilapakte in einer Zulassungsarbeit zur Erweiterungsprüfung berichtet.

Für die Ermittlung der allgemeinen Leistung wurde das auf faktorenanalytischer Basis konzipierte Begabungs-Test-System (BTS) von HORN eingesetzt, das im Gegensatz zum HAWIK eine signifikante mittlere positive Korrelation zum schulischen Arbeitsverhalten (vgl. HORN 1972, S. 17) aufweist.

Die Untertests Regelerkennen (Re) und Buchstabenzählen (Bz) des Begabungs-Test-Systems (BTS) wurden zusätzlich gewichtet ("Grundleistungen"). Diese Tests lassen nach HORN auf die mathematische Leistungsfähigkeit (Re) und auf die Wahrnehmungsfähigkeit ("schnelle Wahrnehmung") schließen (HORN 1972, S. 18) - Leistungen, die auch die schulische Rechenleistung direkt wesentlich mitbestimmen dürften.

Die Rechenleistung wurde durch die Ergebnisse in den Rechenarbeiten des laufenden Schuljahres und durch die Leistung im Untertest Grundrechnen (Gr) des BTS ermittelt. Die bei den Klassenarbeiten ermittelten Durchschnittsnoten konnten durch das Lehrerurteil beeinflusst werden. In untenstehender Ergebnistabelle (S. 10^{1a}) der Vorprüfung haben dabei die diesbezüglichen Zeichen folgende Bedeutung:

+/- : Die vom Lehrer geschätzte Realnote ist um maximal 0,25 Einheiten höher oder niedriger

++/--: Die vom Lehrer geschätzte Realnote ist um maximal 0,5 Einheiten höher oder niedriger

Ø : Bestätigung der Leistung

Da die Klassenarbeiten an die Realschüler höhere Anforderungen stellten als an die Hauptschüler, wurde ihnen entsprechend der Differenz zwischen dem arithmetischen Mittel der Zeugnisnoten am Ende des vierten Schuljahres (+ 0,43) und der Differenz zwischen dem arithmetischen Mittel der im fünften Schuljahr geschriebenen Arbeiten

(- 0,18) ein Bonus von 0,6 auf den im fünften Schuljahr in den Klassenarbeiten erzielten Notendurchschnitt gegeben.

Für jede der drei Leistungsbereiche - allgemeine Leistung, Grundleistungen und Rechenleistung - wurde eine gemeinsame Rangreihe erstellt und anschließend für jeden Probanden die Summe der drei Rangplätze gebildet (vgl. S.^{101a}). Diese Rangsumme bildete wiederum die Grundlage für eine neue Rangreihe, die als die der im Rechenunterricht wirksamen Leistungen angenommen wurde.

Nach dem Schlüssel

A B C - C B A / A B C - C B A / A B C - B C A

wurden die Probanden in drei Gruppen (N = 35) unterteilt.

Wir ermitteln eine Rangplatzsumme für die Gruppe A (Versuchsgruppe - TT Programm) von 1854, für die Gruppe B (modifiziertes "Eigenprogramm") und die Gruppe C (strukturorientierter Unterricht durch den Lehrer) eine solche von jeweils 1855,5.

Die beiden letzten Probanden der Gesamtrangliste wurden der Gruppe A und der Gruppe B als Ersatz für eventuelle Ausfälle zugeteilt, ihre Ergebnisse brauchten jedoch späterhin nicht in Anspruch genommen werden.

resultierend aus der allgemeinen Begabung und Leistung (A), der für den Mathematik-Unterricht vorwiegend erforderlichen Fähigkeiten (B) und der tatsächlichen Rechenleistung (C).

A) Allgem. Begabung u. Leistung			B) Speziell f.d. R.-U. erforderliche Fähigkeiten: Konzentration, folgerndes, analytisches Denken			C) Tatsächliche Rechenleistung: Unter-test Grundrechn.+Arbeits-ergebn.+Lehrerurteil			Rangfolge d.Rechenleistung u. Rechenfähigkeit	
Lfd.Nr.in BTS-Rangliste	Rang BTS	Buchstaben-zählen Pkte.	Regeler-kennen Pkte.	Rg.-Bz.+Re.	Rg.Rg.- (Rechen-fähigk.)	Pkte. "Gr." + Arb.	Pkt.-summe	Rg.	Rang-summe A+B+C	Rg.Rg.-Summe
1	1	36	24	6	1,5	15	18,3	16	18,5	3
2	2	35	23	12,5	4	16	18,8	5	11	1
3	3,5	28	21	55,5	16,5	12,5	15,7	54,5	74,5	15
4	3,5	36	23	9	3	15,5	18,4	14	20,5	5
5	5	40	23	6	1,5	15	18,5	12,5	19	4
6	6	34,5	21	29	6	15	17,7	24,5	36,5	6
7	7	28,5	19	76	30,5	16	19,1	9	46,5	8
8	8	32	21	35,5	8	17,5	20,4	1	17	2
9	9	30,5	21	39,5	12	12,5	14,7	73	94	25
10	10	27,5	21	59	21	14	16,8	38,5	69,5	13
11	11	39	21	20,5	5	13	15,2	65	81	19,5
12	12	36	20	36,5	9	12,5	15,4	60	81	19,5
13	13,5	20	19	127	69	17	20	4	86,5	23
14	13,5	27,5	13	133	73	16,5	19,1	3	89,5	24
15	15,5	29,5	20	58	19	15	17,7	24,5	59	12
16	15,5	24,5	19	100	52,5	16	18,3	12,5	80,5	18
17	17	21,5	17	135,5	75	12,5	15,3	62,5	154,5	50
18	18	25	24	55	15	17	19,5	7	40	7
19	19	28,5	19	76	30,5	14	17,4	54	103,5	30,5
20	20	30	17	80	35,5	15	17,4	30	85,5	22
21	21,5	23,5	16	129	71	13	14,4	75	167,5	55
22	21,5	62,5	18	112,5	58	17	20,2	2	81,5	21
23	23,5	35,5	20	38,5	11	15,5	17,8	22	56,5	11
24	23,5	29	19	72	27,7	13	15,2	65	110	35
25	25	24,5	19	100	52,5	12	14	80	157,5	53
26	26,5	34,5	19	52,5	14	16,5	19,8	8	48,5	9
27	26,5	29	21	48,5	13	14	16,9	30,5	76	16
28	28	43,5	21	62	22,5	14	18,1	19,5	70	14
29	29	25,5	16	114	61	13,5	15,9	52,5	142,5	45
30	30	53	20	85,5	38,5	12,5	14,8	70,5	139	42
31	31	29,5	20	58	19	13,5	17,5	27,5	77,5	17
32	32,5	29,5	16	92	46	15	17,4	30	108,5	33
33	32,5	27,5	15	92	62,5	14	15,4	60	155	51
34	34,5	21,5	18	117	70	11	13,3	86	190,5	68
35	34,5	34,5	14	97	50	17	19	10	94,5	26
36	36,5	21,5	14	105	88	13,5	16,3	45,5	170	56,5
37	36,5	22,5	19	113	59	13,5	16,7	40	135,5	40,5
38	38,5	21,5	20	111	56	10,5	11,5	99,5	194	71
39	38,5	29	22	38	10	16	19,6	6	54,5	10
40	40,5	25,5	22	55,5	16,5	14	16	50,5	146,5	46
41	40,5	29	19	72	27,5	14,5	17,3	32,5	100	29
42	42	22,5	21	89,5	42,5	14,5	17,9	21	105,5	32
43	44	13,5	21	18,5	7	14,5	17,1	48,5	98,5	27
44	44	34	21	86,5	139,5	14	14,9	68	191,5	69
45	45	25	14	53	79,5	13,5	17,1	34,5	103,5	30,5

49	49	32,5	16	19	42	58	19	37	11	14	3	2	4	16,4	40,5	148	48
50	50	21	103,5	21	18,5	122	37	65	14,5	14,5	3,2	2	17,7	24,5	133	39	
51	51	14,5	67	21	18,5	85,5	5	5	12	14,5	3,2	2	17,7	24,5	141	44	
52	52	23	47,5	14	86,5	134	74,5	74	14,5	14,5	2,2	9	17,4	30	155,5	56,5	
53	53	26,5	5	12	95	188,5	104	104	15,5	15,5	2,2	2	17,7	24,5	184	65	
54	54	18	93,5	14	95	188,5	44	44	15	15	3,2	2	17,7	24,5	184	65	
55	55	28,5	34	17	57	155	81	81	14,5	14,5	2,2	2	18,2	18	117,5	36	
56	56	19	88,5	16	66,5	155	81	81	14,5	14,5	2	2	16,5	42	178,5	64	
57	57	33	15	15	76,5	91,5	45	45	12,5	12,5	2	2	14,5	74	174,5	59	
58	58	30,5	21	16	66,5	87,5	41	41	14,5	14,5	2,8	8	17,3	32,5	131,5	38	
59	59	15,5	101	16	66,5	167,5	90	90	13,5	13,5	2,6	6	16,1	48,5	197,5	72	
60	60	22	74,5	14	86,5	161	84	84	17,5	17,5	2,6	2	20,1	19,5	163,5	54	
61	61	34,5	10,5	15	76,5	87	40	40	16	16	2,7	7	18,7	11	112,5	34	
62	62	12	106,5	15	76,5	183	99	99	13,5	13,5	2	2	15,5	57,5	218	80	
63	63	25	53	14	86,5	133,5	79,5	79,5	14,5	14,5	1,4	4	15,4	60	203	75	
64	64	19	88,5	21	18,5	107	54	54	12	12	2,8	8	14,8	70,7	188	67	
65	65	23,5	62,5	11	99	161,5	85	85	11	11	2,2	2	13,2	87	237,5	86	
66	66	24	60	21	18,5	78,5	33	33	14,5	14,5	2	2	17,5	27,5	126	37	
67	67	22	74,5	18	50	124,5	67,5	67,5	15	15	1	1	16	50,5	185,5	66	
68	68	23,5	62,5	15	76,5	139	78	78	13,5	13,5	1,7	5	15,2	65	210,5	78	
69	69	31,5	18,5	17	57	55,5	29	29	12,5	12,5	1,5	3	14,5	80	178	63	
70	70	16,5	98,5	16	66,5	165	88	88	13,5	13,5	3	3	16,5	42	200,5	74	
71	71	25	53	21	18,5	71,5	26	26	11	11	1,4	4	12,4	96	192,5	70	
72	72	34	13,5	9	104	117,5	64	64	14,5	14,5	2,4	4	16,9	36,5	172,5	58	
73	73	16	37	19	42	79	34	34	14,5	14,5	2,4	4	16,4	44,5	152	49	
74	74	28	98,5	21	18,5	117	62,5	62,5	13,5	13,5	1,8	3	15,4	62,5	198,5	73	
75	75	28	37	20	32,5	69,5	25	25	12	12	2,3	3	14,3	76	176	61	
76	76	22	74,5	21	18,5	93	47,5	47,5	14,5	14,5	3,8	8	18,3	16	139,5	43	
77	77	14,5	103,5	15	76,5	180	99,5	99,5	9	9	1,6	6	10,6	103	275,5	94	
78	78	18	93,5	16	66,5	160	83	83	11,5	11,5	3,2	6	14,7	70,5	231,5	85	
79	79	31	18,5	12	95	113,5	60	60	12	12	2,6	1	17,1	34,5	224	81	
80	80	18,5	91	13	92,5	183,5	100	100	14,5	14,5	2,6	1	13,1	88	214,5	79	
81	81	26,5	45	16	66,5	111,5	57	57	11,5	11,5	1,6	6	13,1	88	226,5	82	
82	82	23	67	7	105,5	172,5	101,5	101,5	11,5	11,5	1,5	3	12,5	94	267	91	
83	83	20	85	11	99	184,5	67,5	67,5	5,5	5,5	0,8	3	12,8	107	291	102	
84	84	22	74,5	18	86,5	180	95,5	95,5	11,5	11,5	1,4	4	10,9	89,5	240,5	88	
85	85	30,5	82,5	17	57	78	32	32	13,5	13,5	2	2	15,9	57,5	175,5	98	
86	86	29	30	10	102,5	185	102	102	10	10	1,9	9	11,9	97	286	100	
87	87	29	82,5	16	66,5	96,5	49	49	13	13	1,8	8	14,8	70,5	207,5	76	
88	88	24,5	58	11	99	157	82	82	14	14	1,6	6	15,6	56	227	84	
89	89	29,5	25,5	7	105,5	131	72	72	14,5	14,5	1,8	3	16,3	46,5	208,5	77	
90	90	23,5	67	12	95	162	86	86	8	8	0,4	4	8,4	106	283	99	
91	91	22,5	71	21	18,5	89	42,5	42,5	13,5	13,5	3	3	16,5	42	176,5	87	
92	92	25	53	17	57	124	55	55	11	11	1,6	7	12,7	92	240	82	
93	93	23	88,5	15	76,5	165	88	88	13,5	13,5	0,0	0	12,5	83,5	243,5	89	
94	94	19	53	14	96,5	178,5	76	76	6,5	6,5	2,3	8	8,8	105	277	95,5	
95	95	25	102	15	76,5	139,5	94	94	12,5	12,5	2,3	8	12,5	89,5	280,5	95,5	
96	96	15	53	14	96,5	178,5	76	76	11	11	1,6	7	12,5	89,5	280,5	97	
97	97	13	102	10	102,5	196	106,5	106,5	13,5	13,5	1,6	7	12,5	67	272	92	
98	98	20,5	82,5	11	99	181,5	97	97	12	12	0,7	7	12,7	91	288,5	101	
99	99	23	67	11	107	174	93	93	12	12	0,2	2	14	80	273	93	
100	100	16	100	14	86,5	186,5	103	103	9,5	9,5	3	3	12,5	94	298	104,5	
101	101	17,5	96	15	76,5	172,5	91,5	91,5	8,5	8,5	1,2	2	9,7	104	298	104,5	
102	102	27	43,5	21	18,5	62,5	105	105	11	11	0,4	4	11,4	101	226	83	
103	103	12,5	105	14	86,5	191,5	105	105	13	13	0,7	7	11,7	83,5	292,5	103	
104	104	12,5	106,5	15	76,5	183	99	99	11	11	0,7	7	11,7	98	302	106	
105	105	17	97	11	99	196	106,5	106,5	11,5	11,5	0,0	0	11,5	99,5	312	107	
106	106	19	83,5	18	50	138,5	77	77	12	12	2,2	2	14,2	77	261	90	

3. Untersuchungsverfahren

1. Begründung der Auswahl programmierten Unterrichts als Unterrichtsverfahren

Neben dem oben beschriebenen Tatbestand, daß programmierter Unterricht gegenüber den denkbaren und praktizierten Lehrverfahren als effektiver, zumindest jedoch als gleich effektiv angesehen wird (vgl. WEINERT 1968, S. 245), hat zur Entscheidung für dieses Verfahren wesentlich dessen hohes Maß an Objektivierbarkeit und Analysierbarkeit beigetragen. An ihm konnte am besten die Wirkung einer Modifikation und damit auch sein Entwicklungsstand überprüft werden. Da bisherige Forschungsergebnisse jedoch zeigen, daß "Lehrziel, Lehrstoff, Eigenart des Lernenden" (vgl. WEINERT, S.245) auf den Programmerfolg Einfluß nehmen, mußte natürlich ein Programm ausgewählt werden, das nach den bisherigen Erfahrungsberichten über eine besondere Leistungsfähigkeit verfügt. Das als Versuchsprogramm ausgewählte TT - Programm weist den Vorzug auf, eines der erprobtesten Mathematik - Programme zu sein. Die Entscheidung für dieses Programm war weiterhin durch den Tatbestand bedingt, daß es sich um ein modifiziertes verzweigtes Programm handelt (vgl. Lehrerbegleitheft, S. 5).

Die für den Einsatz eines linearen Programmes erforderliche genaueste Ermittlung und gegebenenfalls Provierung der Lernvoraussetzung bereitet nach unseren Erfahrungen große Schwierigkeiten und ist bei der für unsere Untersuchung erforderliche Stichprobengröße und -zusammensetzung kaum möglich. Durch die Einbeziehung des Strukturvorfeldes in das Programm (vgl. Lehrerbegleitheft, S. 3) kann eine Verfälschung des Ergebnisses unserer Untersuchung aufgrund unterschiedlicher Bewältigung der Inhalte des Strukturvorfeldes vor Beginn der Programmarbeit weitgehend gemieden werden.

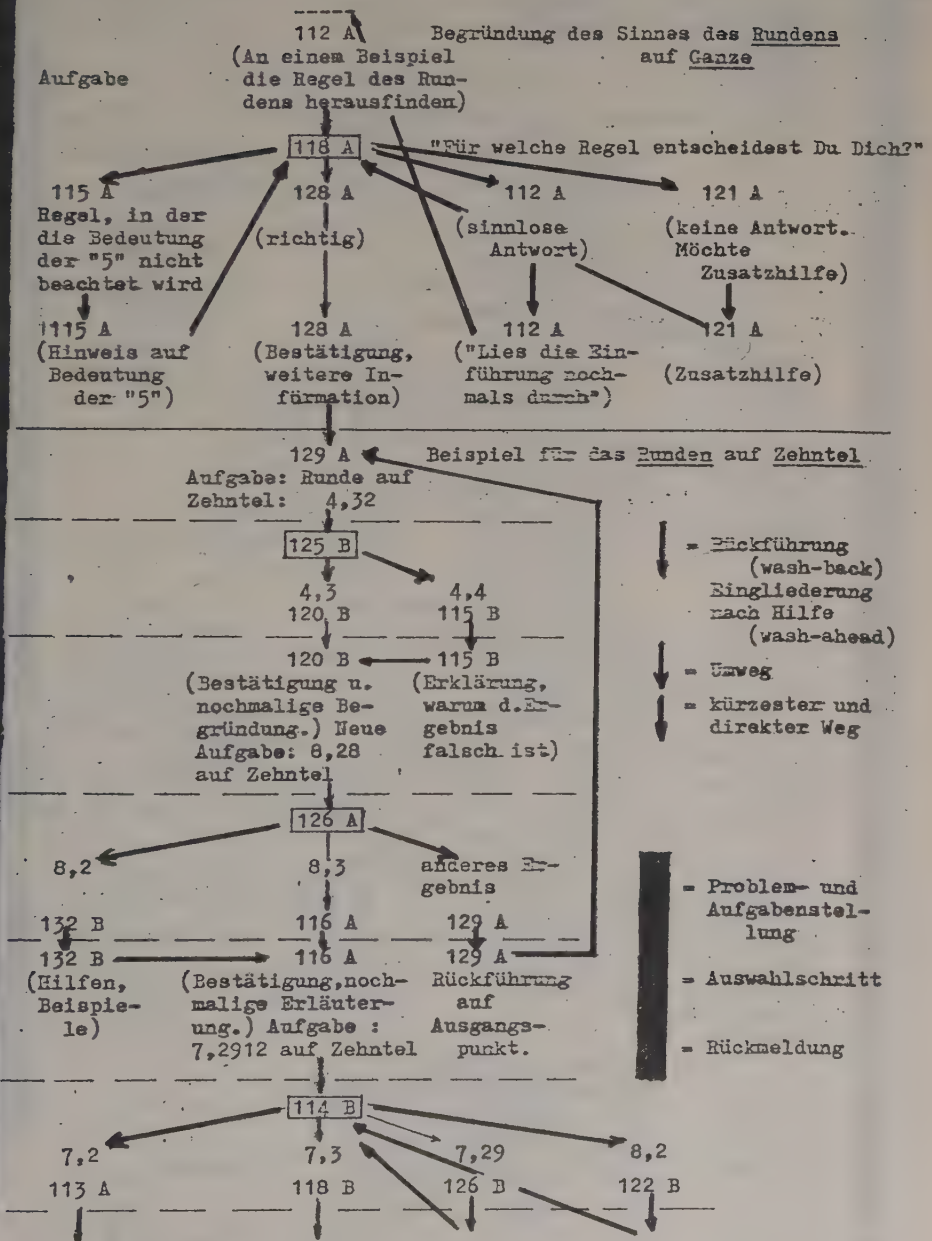
Weitere Gründe für die Auswahl dieses Programms sind inhaltlicher Art: In dieser und in allen folgenden Untersuchungen, in denen das Erfassen mathematischer Struktur überprüft wird, soll dies direkt oder indirekt am Inhalt "Positionssystem" geschehen. Für das Runden von Dezimalbrüchen stellt die Kenntnis des Aufbaus des Stellenwertsystems die wesentliche inhaltliche Lernvoraussetzung dar. Das Thema "Runden von Dezimalbrüchen" hat außerdem den Vorzug, daß es hinsichtlich seiner inhaltlichen Struktur von anderen mathematischen Inhalten weitgehend unabhängig und in sich abgeschlossen ist. Dadurch kann sowohl eine unterschiedliche Vorbereitung der Probanden durch eine zuvor mögliche Erarbeitung strukturverwandter Inhalte ausgeschaltet und die Wirkung der im Experiment in den einzelnen Unterrichtsverfahren angewandten Maßnahmen exakter gemessen werden. Der Aufbau des Versuchsprogrammes ist auf den folgenden Seiten (Fluß-Diagramm') dargestellt.

Das Programm wurde von Betty K. FRIEL entwickelt und nach einem mehrjährigen Einsatz in Schulen der USA von LINDNER auf deutsche Verhältnisse abgestimmt. Es enthält mehrere in sich geschlossene Abschnitte, von denen der fünfte das "Runden von Dezimalbrüchen" zum Gegenstand hat.

2. Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung wurde im April/Mai/Juni 1970 durchgeführt. Nach Abschluß der oben beschriebenen Voruntersuchung erhielten die drei Stichproben jeweils vor Beginn der eigentlichen Untersuchung die Gelegenheit, sich an die neue Zusammensetzung der Gruppe und an die neuen Arbeitsplätze zu gewöhnen. Vor allem aber sollten durch die Erarbeitung der Kapitel drei und vier des TT - Programms die für das eigentliche Thema erforderlichen Vorkenntnisse aufgefrischt und Erfahrungen im Umgang mit verzweigten Programmen (scrambled textbook) gesammelt werden. Um die Erarbeitung des Themas ohne Unterbrechung durch ein Wochenende ablaufen zu lassen, wurde,

Struktur des Versuchsprogrammes



113 A
(Nochmalige Erläuterung: "Wenn Du auf Zehntel runden willst, mußt Du Dir die Hundertstel ansehen!")

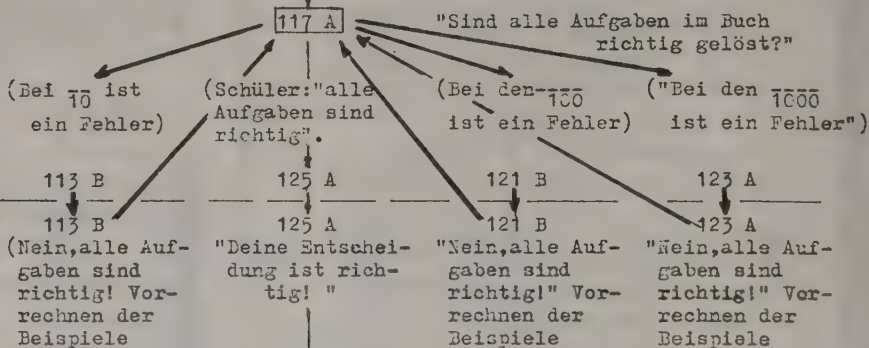
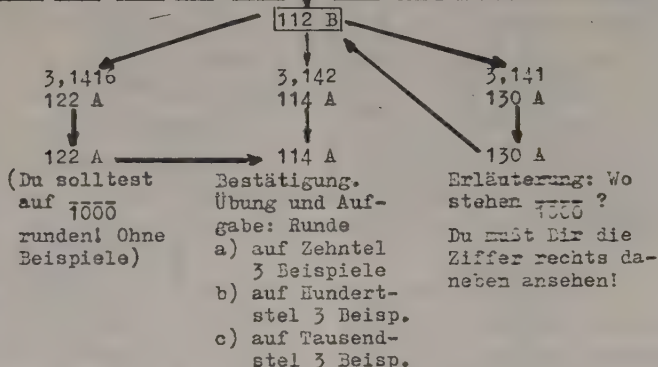
118 B
(Du hast verstanden wie auf Zehntel rundet")

126 B
(Du sollst auf Zehntel runden!")

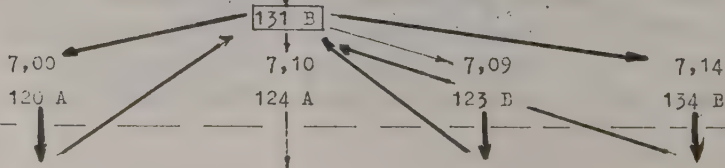
122 B
(Leider ganz falsch!")

119 A
Beispiele für das Runden auf 700 u. 7000
Aufgabe: 3,14159 auf Tausendstel

Das Runden auf Hundertstel und Tausendstel



Aufgabe: Runde 7,095 auf Hundertstel



120 A
(Erläuterung d.
Stellenwertes
u. deren Ver-
änderung
 $9 + 1 = 10$)

124 A
(Bestätigung)

123 B
(Du mußt die Zif-
fer rechts neben
den Hundertsteln
ansehen!)

134 B
(Schwerer Fehler!
Du darfst die
Tausendstel nicht
einfach zu den
Hundertsteln
zählen!)

Aufgabe: Runden nach Addi-
tion 690,8 auf Ganze

133 B

698
117 B

691
130 B

690
135 B

117 B

130 B

135 B

(Erklärung, wa-
rum falsch.
Rechnen des
Beispiels)

Gut !

"Du mußt aufrunden!"
-Rechnen eines Beispiels.-
Du kannst das jetzt auch!

Aufgabe: Zähle zusammen und
runde auf Hundertstel: $0,125 +$
 $+ 4,009 + 4,009 + 2,395 = (6,528)$

124 B

5,52
133 A

6,53
127 A

7,52
134 A

133 A

127 A

134 A

"Nein, Du hast
irgendwo einen
Fehler gemacht!"
Teilweis. Rechnen
d. Beispiels.

"Sehr gut!"

"Laß uns zusammen den
Fehler suchen!"
Teilweises Rechnen
des Beispiels.

Aufgabe: $3,0 - 2,225 =$
Runde d. Ergebnis (0,775)
auf Zehntel

0,7

128 B

0,8

132 A

1,2

135 A

Wir wollen gemein-
sam den Fehler
suchen

"So ist es
richtig!"

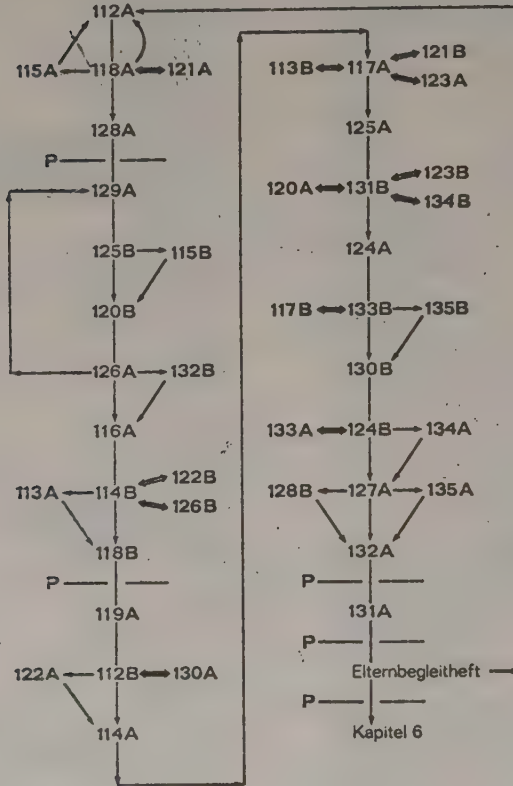
"Nein, Du hast Dich beim
Abziehen verrechnet!"

131 A

Prüfungsaufgaben

Abb.2 Fluß-Diagramm des "Versuchsprogramms"
(Lehrerbegleitheft S 39)

Das Runden von Dezimalzahlen



am Montag der folgenden Woche beginnend, den Probanden der Gruppe A das Versuchsprogramm jeden Tag eine Stunde so lange vorgelegt, bis alle Schüler das Programm durchlaufen hatten.

Neben dem Programm erhielten die Probanden ein Begleitblatt (vgl. S. B1) auf dem die einzelnen Lernschritte durcheinandergewürfelt verzeichnet waren. Die Probanden wurden gebeten, den jeweils gewählten Lernschritt anzukreuzen und nach Abschluß der jeweiligen Unterrichtsstunde das Blatt an der Stelle in das Buch zu legen, an der zuletzt gerechnet wurde. Hatte ein Schüler das Programm durchlaufen, durchschnittlich wurden drei Unterrichtsstunden benötigt, so erhielt er zu Beginn der nächsten Stunde ein Blatt mit 44 Prüfaufgaben.

In der folgenden Woche wurden die Ergebnisse der Versuchsgruppe ausgewertet und ein auf der Basis der Befunde der Durchlaufs- und Fehleranalyse einerseits, der Strukturfeld- und -vorfeldanalyse des Unterrichtsgegenstandes andererseits modifiziertes Programm erstellt. Während dieser Zeit durchlief die Stichprobe B das Vorprogramm, um daran anschließend das modifizierte Versuchsprogramm ("Eigenprogramm") in gleicher Weise wie die Versuchsgruppe das TT - Programm zu erarbeiten. Schließlich wurde nach der Auswertung der Ergebnisse dieser Gruppe der Gruppe C die Möglichkeit gegeben, in einem durch den Verfasser erteilten strukturorientierten Unterricht das Runden von Dezimalbrüchen zu erlernen. Entsprechend der durchschnittlichen Bearbeitungszeit des Versuchsprogramms durch die Versuchsgruppe dauerte dieser Unterricht dreimal eine Stunde, in der vierten Stunde wurde die Kontrolluntersuchung durchgeführt. Zu erwähnen ist hierbei, daß bei der Gruppe C in der ersten Unterrichtsstunde ausschließlich eine Wiederholung des Positionssystems erfolgte und für die Bearbeitung des eigentlichen Themas somit nur zwei Stunden zur Verfügung standen.

Der Verlauf der Untersuchung kann der besseren Übersicht wegen wie folgt skizziert werden:

Stich- probe Zeit- punkt	Gruppe A TT - Pro- gramm	Gruppe B Eigen- programm	Gruppe C Lehrer- unterricht
1. Woche	V O R U N T E R S U C H U N G E N		
2. Woche	Auswertung der Voruntersuchun- gen	Bildung parallelisierter Gruppen	
3. Woche	VORPROGRAMM	Z	Z
4. Woche	HAUPTUNTERS.	Z	Z
5. Woche	AUSWERTUNG	VORPROGRAMM	Z
6. Woche	Z	HAUPTUNTERS.	Z
7. Woche	Z	AUSWERTUNG	VORPROGRAMM
8. Woche	Z	Z	HAUPTUNTERS.

Z = strukturfremdes Zwischenthema

Durch diesen Versuchsablauf sollte es möglich werden, mittels der Veränderung bestimmter Variablen die Wirkung dieser Veränderung zur überprüfen ("pädagogisches Experiment" im von L. ROTH dargestellten Sinne, S. 26). Die für vergleichende Untersuchungen der Effizienz verschiedener Unterrichtsverfahren von CHERIS (1964) und HARTLEY (1966) erhobenen "Minimalforderungen" (zitiert bei L. ROTH, S. 19) vor allem der Identität der Unterrichtsinhalte und der optimalen Präsentationsform der zu vergleichenden Verfahren werden erfüllt und

zusätzlich erweitert (Parallelisierung der Stichproben hinsichtlich der allgemeinen Leistung, Schaffen eines gleichen Ausgangsniveaus, Auswahl eines abgeschlossenen Inhalts sehr niedriger Redundanz). So kann eine Veränderung der Effektivität weitgehend auf die Veränderung des Verfahrens zurückgeführt werden. Wir haben diese Maßnahmen zusätzlich durch solche gestützt, die einer Verallgemeinerung des Ergebnisses dienlich sind: Schaffung eines repräsentativen Leistungsquerschnitts in jeder der drei Stichproben durch Einbeziehung aller Schüler eines Jahrgangs, Überprüfung der Ergebnisse der ersten Untersuchung durch eine Wiederholung der Untersuchung an einer weiteren Stichprobe.

3. Lernerfolgskontrolle

Im TT - Programm sind 11 Kontrollaufgaben unmittelbar nach Abschluß des Abschnitts "Runden" und späterhin weitere Wiederholungsaufgaben vorgesehen. Da die 11 Kontrollaufgaben keine Aussage über das Erlangen bestimmter Teillernziele (Runden auf Ganze, Zehntel, Hundertstel - Auf- und Abrunden) und somit keine didaktisch relevante Fehleranalyse zulassen, wurden den Probanden 11 Kontrollitems und 33 ebenfalls im Programm verzeichnete Wiederholungsaufgaben vorgelegt. Für die spätere Auswertung wurden daraus 12 typische Items ausgewählt, je vier für jede Itemgruppe und davon wiederum zwei, die ein Auf- beziehungsweise Abrunden erforderten.

Es sind dies folgende Items:

Tabelle 2: "Typische Prüfitems"

Itemkategorie	Verminderung um		
	1 Stelle	2-3 Stellen	
Runden auf Ganze	auf	27,6	1,75
	ab	3,2	20,07
Runden auf Zehntel	auf	16,89	19,291
	ab	6,54	103,010
Runden auf Hundertstel	auf	15,498	0,0375
	ab	89,723	8,85309

Diese Items sind insofern als typisch zu bezeichnen, als sie die Fähigkeit zur Anwendung aller Strukturelemente des Rundens in den drei Itemkategorien sowie beim Auf- und Abrunden prüfen und somit bei der Nichtbeherrschung dieser Strukturelemente zu typischen Fehlern führen. So ist zum Beispiel festzustellen, daß ein Teil der Kinder durchaus verstanden hat, weshalb beim Runden 6 der (Teil-) Elemente des zunächst niederen Niveaus zu einem ganzen Element höheren Niveaus zusammengefaßt werden, 4 (Teil-) Elemente dagegen nicht; die mangelnde inhaltliche Fundierung des Begriffs "Hundertstel" oder des Positionssystems insgesamt lassen sie aber bei der Aufgabe "Runde auf Hundertstel : 2,37612" scheitern. Sie orientieren sich notwendig an der letzten Ziffer und schreiben: 2,3761 beziehungsweise 2,37.

Strukturorientiertheit der Items bedeutet nun, daß in jeder Itemkategorie sowohl beim Auf- als auch beim Abrunden zu gleichen Teilen Items enthalten sein müssen, die im Falle eines Versagens eine genaue Aussage über den Grund dieses Versagens zulassen.

4. Bisherige Forschungsergebnisse bei der Untersuchung der Effektivität programmierten Unterrichts

Eine gleichartige Untersuchung der Veränderung der Effizienz von Lernprogrammen bei einer Erhöhung der Strukturorientiertheit ist uns nicht bekannt. Demgegenüber liegen bezüglich unseres Untersuchungsanliegens 2 - Vergleich der Effizienz von Lernprogrammen mit der des konventionellen Unterrichts - mehrere Untersuchungen vor, deren Befunde allerdings einer teilweise erheblichen Einschränkung bedürfen.

SCHRAMM hat 36 empirische Untersuchungen zum genannten Thema gesichtet und festgestellt, daß in 17 Untersuchungen eine Überlegenheit des programmierten Unterrichts, in einer Untersuchung eine Überlegenheit der konventionellen Methode und in 18 Vergleichen keine Differenz vorlagen.

HARTLEY (1966) sichtete 84 entsprechende Untersuchungen, mußte dabei jedoch feststellen, daß nur 6 den nach seiner Auffassung an derartige Untersuchungen zu stellenden Anforderungen genügten (vgl. ROTH, S. 18/19).

Erwähnenswert scheinen hier die Arbeiten von D. GLEASON (1964), von D.M. MILLER, D.E. WILEY, P. LAMBERT (1964), von A. ROE, M. MASSEY, G. WELTMAN, D. LEEDS (1964), G. HUBER (1966), L. ROTH und H. WALTER (1973) zu sein. Von den teilweise vielschichtigen Fragestellungen und Ergebnissen seien hier nur die referiert, die den von uns angesprochenen Problemkreis berühren.

GLEASON ¹⁾ parallelisierte zwei Gruppen von je 164 Probanden bezüglich der Intelligenz und des Vorwissens und ließ die Versuchsgruppe mit einem linearen Arithmetik-Programm (sixth grade) täglich 40 Minuten ohne Begrenzung der Gesamtdauer arbeiten.

Die Kontrollgruppe wird 30 Tage lang ebenfalls jeweils 40 Minuten konventionell unterrichtet. Der Nachtest

¹⁾ Die Untersuchungen werden von WALTER (1973) referiert

bringt eine bedeutsam unterschiedliche Lernleistung zugunsten der Programmgruppe. Bei einer Prüfung der Behaltensleistung waren die Gruppen sechs Wochen später nicht mehr signifikant unterschiedlich.

MILLER, WILEY und LAMBERT ¹⁾ bildeten aus Schülern des 10. und 11. Schuljahres ebenfalls nach der Intelligenz und dem Vorwissen zwei parallelisierte Stichproben. Bezüglich der Intelligenz und der Schulleistung ermitteln sie innerhalb derselben je drei Leistungsgruppen. Weiterhin erfolgte eine Untergliederung dieser Gruppen durch die unterschiedliche Instruktio-
tion vor Beginn des Unterrichts so, daß die Ergebnisse für die Zensur bedeutsam / nicht bedeutsam seien. Bei den Kindern des 11. Schuljahres konnte von sechs Untergruppenvergleichen lediglich bei der unmotivierten unteren Leistungsgruppe eine bedeutsam bessere Leistung der Programmgruppe gegenüber der konventionell unterrichteten Gruppe festgestellt werden. Im 10. Schuljahr dagegen unterschieden sich die vier unteren und mittleren Leistungsgruppen jeweils zugunsten der Programmgruppe bedeutsam. Bei der oberen motivierten Leistungsgruppe ergab sich eine bessere Leistung der konventionell unterrichteten Gruppe.

ROE, MASSEY, WELTMAN und LEEDS stellen dann keinen Leistungsunterschied zwischen nach beiden Verfahren unterrichteten Ingenieurstudenten (N = 186) fest, wenn sich der konventionelle Unterricht eng an den Programmaufbau anlehnt. Ist dies nicht der Fall, so wird der Leistungsunterschied bedeutsam.

HUBER legt ein lineares naturkundliches Programm einer Gruppe von Realschülern des 8. Schuljahres und einer entsprechenden Gruppe der Hauptschule vor und vergleicht den Lernerfolg beider Gruppen mit dem der in

¹⁾ Die Untersuchungen wurden von WALTER (1973) referiert.

konventioneller Weise über 120 Minuten (entsprechend der durchschnittlichen Programmbearbeitungszeit der Versuchsgruppe) unterrichteten parallelisierten (Intelligenz, Vorwissen) Stichproben. Sowohl unmittelbar nach Abschluß des Unterrichts als auch vier Monate später bestehen bedeutsame Unterschiede zugunsten der Programmgruppe.

Die wohl komplexesten der hier genannten Untersuchungen liefern WALTER und ROTH. WALTER teilte sechs Gymnasialklassen des 10. Schuljahres nach Intelligenz und Vorwissen in zwei Gruppen (je drei Klassen) so auf, daß diese bezüglich der Intelligenz und des Vorwissens keine Differenz aufwiesen. Diese Gruppe ließ er abwechselnd jeweils fünf Tage lang je eine Stunde in dem Westermann-Programm "Rechnen mit Wurzeln" und "Rechnen mit Logarithmen" (H. FIEBIG und H. JUNG-HANS) die ersten drei Abschnitte erarbeiten. Während die Gruppe A mit dem Programm "Rechnen mit Wurzeln" arbeitete, wurde die Gruppe B durch Lehrer zum gleichen Thema unterrichtet. Nach einer Zwischenprüfung wurde beim Thema "Rechnen mit Logarithmen" umgekehrt verfahren, so daß jede Gruppe beim Abschluß des Versuchs je fünf Stunden nach beiden Verfahren gearbeitet hatte (modifiziertes Rotationsexperiment nach CALL). Bei den Abschlußüberprüfungen unterschied WALTER zwischen Items, die "comprehension" und solchen, die "knowledge" prüfen.

Er faßt die Ergebnisse wie folgt zusammen:

"Wir glauben ... feststellen zu können, daß die Programmierete Unterweisung sich zum Erlernen einfacher Rechentechniken, wie sie im Rahmen der Lernzielkategorie "knowledge" geprüft worden sind, eindeutig besser eignet als unsere Form des herkömmlichen Vergleichsunterrichts ...".

Weiterhin ist zu erkennen, "daß auch bei der Lernzielkategorie 'comprehension' sich die Programmierte Unterweisung als die Methode mit der eindeutig höheren Lerneffektivität erwiesen hat" (S. 159).

In eine andere Richtung als die hier aufgezeigten Ergebnisse weisen die von L. ROTH (1971). Mittels einer hier nur grob anzudeutenden, sehr präzisen und differenzierenden Untersuchungsanordnung versucht er Auskunft über die Wirkung des Gruppenunterrichts, des Frontalunterrichts, des programmierten Unterrichts und eines durch einen Fachlehrer frei gestaltbaren Unterrichts einer durchschnittlichen Dauer von 4,5 Stunden bei der Erarbeitung des Themas "Kompressor-Kühlschrank" zu erhalten. Das Ausgangswissen der im Gruppen- und Frontalunterricht lernenden Kinder lag bedeutsam unter dem der beiden anderen Gruppen. Der Lernzuwachs dagegen war bei den frontal unterrichteten Probanden bedeutsam größer als der der übrigen Gruppen. Unterteilt man die Probanden der einzelnen Gruppen in je drei "Intelligenz-Niveau-Gruppen", so ist der Leistungszuwachs der höheren Niveau-Gruppe in allen Organisationsformen signifikant größer als der der nächst unteren Gruppe. Weiterhin "lassen sich keine Wechselwirkungen zwischen Organisationsformen von Lernbedingungen und Zugehörigkeit eines Schülers zu einem bestimmten Intelligenz-Niveau statistisch sichern" (ROTH, S. 78).

Trotz dieses von ROTH ermittelten Ergebnisses kann festgestellt werden, daß bei vergleichenden Untersuchungen des programmierten Unterrichts und des konventionellen Unterrichts sich fast ausschließlich das erstgenannte Verfahren als effektiver, zumindest jedoch als gleichwertig zeigt.

4.1.1.3.2. Darstellung der Ergebnisse

Vorbemerkung

Wie im Kapitel "Planung der Untersuchung" (S.105) dargestellt, war es erforderlich, die Stichprobe, die durch Losentscheid mit Hilfe des TT-Programms unterrichtet werden sollte, das Thema zuerst bearbeiten zu lassen, um die mittlere Programmdurchlaufzeit und damit die Unterrichtszeit für die Stichproben B und C bestimmen zu können. Weiterhin sollten mittels einer Durchlaufanalyse und einer Analyse der bei der Abschlußprüfung produzierten Fehler (zusätzliche) Anhaltspunkte für eine eventuell mögliche Verbesserung oder gar Neugestaltung des Programms ermittelt werden. Da durch dieses Verfahren Hinweise für eine künftige Programmgestaltung gewonnen werden können, sollen im folgenden die Ergebnisse der ersten Untersuchung etwas ausführlicher dargestellt werden.

1. Versuchsgruppe

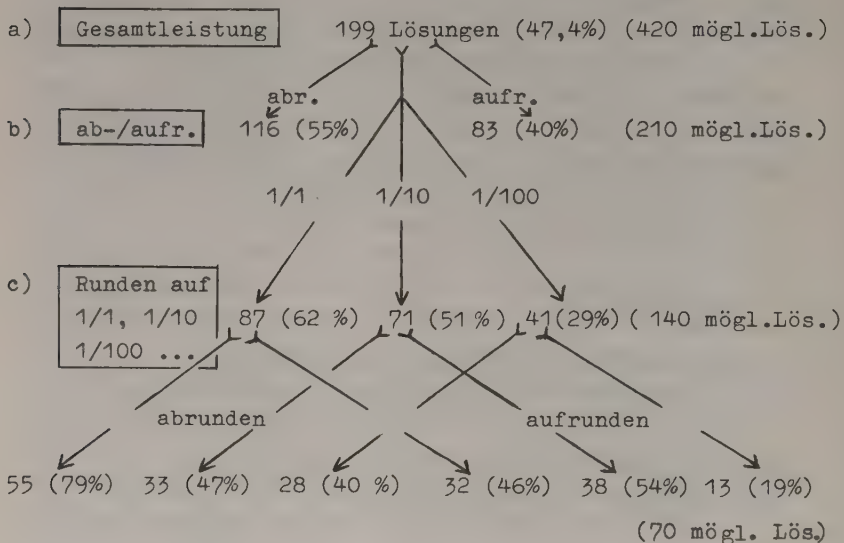
35 Probanden der Stichprobe 1 erzielten bei
35 x 12 Items = 420 Lösungsversuchen 199 Lösungen
(= 47,4 %).

Das entspricht einem arithmetischen Mittel von
5,69 Lösungen je Versuchsperson.

Im einzelnen gliedert sich diese Gesamtleistung wie in untenstehender Übersicht dargestellt auf:

Abb. 3

Aufgliederung der Gesamtleistung der Stichprobe 1 in die Leistungen beim a) Aufrunden und Abrunden, b) beim Runden auf Ganze, Zehntel und Hundertstel (Vergleich der Itemgruppen) sowie c) beim Auf- und Abrunden innerhalb der Itemgruppen



Vergleicht man die Leistungen der 35 Probanden beim Auf- und Abrunden, so ist nach dem Vorzeichentest von DIXON und MOOD (vgl. SACHS, 247 f.) das ermittelte Verhältnis von fünf besseren Leistungen beim Abrunden zu 16 besseren Leistungen beim Aufrunden auf dem 1% - Niveau als unterschiedlich anzusehen (zweiseitige Prüfung, vgl. Tabelle von MAC KINNON, übernommen durch SACHS S. 248).

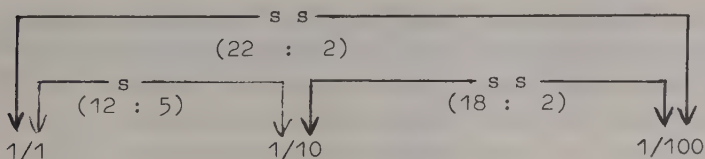
Wir prüfen mit dem schärferen Test von WILCOXON nach und erhalten ein $z = 3,649$. Die Stichprobe weist beim Auf- und Abrunden sehr bedeutsame Leistungsunterschiede auf.

Beim Runden auf Ganze wurden mehr als doppelt so viele Lösungen erzielt als beim Runden auf Hundertstel. Wir prüfen hier die Hypothese nicht bestehender Differenzen mit Hilfe des FRIEDMAN -Tests (SACHS, S. 422) und erhalten ein $\chi^2 = 15,043$. Bei zwei Freiheitsgraden überschreitet dieser Wert den Wert von 9,210 ($p < 1\%$) weit. Die Leistungen der Stichprobe bei den drei Itemarten sind somit als unterschiedlich zu betrachten: die drei Aufgabengruppen stellen unterschiedliche Anforderungen an die Schüler.

Diese globale Aussage über einen bestehenden unterschiedlichen Effekt des Unterrichts bei verschiedenen Itemgruppen kann differenzierter gestaltet werden, wenn wir die Leistung bei jeweils zwei Itemgruppen miteinander vergleichen. Der Vorzeichentest von DIXON und MOOD liefert zwischen den Itemgruppen "1/1" und "1/10" ein Vorzeichenverhältnis von 5 : 12, zwischen den Itemgruppen "1/10" und "1/100" ein Verhältnis von 2 : 18 und schließlich zwischen den Itemgruppen "1/1" und "1/100" ein solches von 2 : 22. Somit bestehen zwischen der Leistung in allen drei Itemgruppen überzufällige Unterschiede (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4:

Die Bedeutsamkeit der Differenzen zwischen der Leistung bei den drei Itemgruppen nach dem Vorzeichentest von DIXON und MOOD



2. Die Erlangung des Lernziels durch die einzelnen Schüler

Gehen wir von der Konvention aus, daß das Lernziel erreicht ist, wenn 100 Prozent (beziehungsweise 75 Prozent) der Aufgaben gelöst sind, so trifft dies bei den einzelnen Itemgruppen jeweils für die in der ersten Zeile der Tabelle 3 aufgeführten Schülerzahlen zu.

Tabelle 3:

Aufteilung der Probanden nach der Zahl der Lösungen

Zahl der Lös.	Leistungen in den Itemgruppen Runden auf						Gesamt- leistung		
	Ganze Prob. %		Zehntel Prob. %		Hundertst. Prob. %		Zahl der Lös.	Prob.	%
4	7	20	7	20	4	11	12	3	9
3	14	40	5	14	0	0	9	2	6
2	8	23	12	34	6	17	6	12	34
1	1	3	4	11	13	37	3	13	37
0	5	14	7	20	12	34	0	5	14

Lediglich drei der 35 Schüler haben alle 12 Aufgaben der abschließenden Überprüfung lösen können, fünf Schüler haben mindestens 75 Prozent der Aufgaben bewältigt. Aufgrund unserer Konvention können wir davon sprechen, daß nur 15 Prozent der Schüler das Lernziel erreicht haben.

Recht unterschiedlich zeigt sich die Leistung der Schüler in den drei Itemgruppen: 21 von ihnen haben mindestens drei oder vier Aufgaben beim Runden auf Ganze gelöst, zwölf einen gleichen Lösungsanteil beim Runden auf Zehntel und nur vier beim Runden auf Hundertstel aufzu-

weisen. Insgesamt muß somit nach dem von uns festgelegten Verhaltensmaßstab der Lernerfolg der Stichprobe (aufgrund der Arbeit mit dem TT - Programm) als unzureichend und bei den verschiedenen Teillernzielen als unterschiedlich bezeichnet werden.

3. Durchlaufs- und Fehleranalyse

1. Durchlaufsanalyse

Beim Programmdurchlauf mußten die auf der folgenden Klapptafel aufgezeigten Lernschritte bewältigt und im Anschluß daran aus den angebotenen (und ebenfalls dargestellten) Auswahlantworten die jeweils richtige ausgesucht werden. Beim Runden auf Ganze mußten die Kinder eine, beim Runden auf Zehntel drei und beim Runden auf Hundertstel sechs - insgesamt also zehn - "Hauptentscheidungen" (Prüfaufgabe im Anschluß an einen Lernschritt des Hauptprogramms) treffen. Dabei wurden in 10 Items 23 falsche gegenüber 10 richtigen Antworten angeboten. Beim Runden auf Ganze haben 27, beim Runden auf Zehntel 25 und beim Runden auf Hundertstel 19 Schüler keine Fehlentscheidungen getroffen. Insgesamt wurden folgende Fehlentscheidungen (bei 10 Hauptentscheidungen) gefällt.

Tabelle 4:

Zahl der Fehllösungen bei den 10 Prüfitems des
Versuchsprogramms

Fehlentscheidungen:	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Zahl der Schüler :	14	6	5	2	2	3	2	0	1

Von den 35 Schülern haben 14 (= 40%) aus 33 angebotenen Antworten die 10 richtigen ausgesucht, 25 Schüler (= 71%) haben mindestens in 8 von 10 Entscheidungen die richtige Antwort getroffen.

Es läßt sich hier interpretierend hinzufügen, daß dieses insgesamt recht positive Ergebnis als typisch für ein verzweigtes Programm anzusehen ist und auf eine gute Programmkonstruktion sowie Programmerprobung mittels einer Durchlaufsanalyse hinweist. Wir wissen demgegenüber jedoch, daß der Programmerfolg als nicht ausreichend zu bezeichnen ist. Wir werden diesen Tatbestand später noch näher zu analysieren haben. In den folgenden Tabellen Nr. 5a und Nr. 5b sind die Leistungen beim Programmdurchlauf und bei der Abschlußüberprüfung gegenübergestellt. Dabei werden die Umwegschritte und die dort getroffenen Fehlentscheidungen mit berücksichtigt.

Tabelle 5:

Programmdurchlauf und Lernerfolg

5a) Umwege und Lernerfolg der nach der allgemeinen Leistung zusammengefaßten Probandengruppe

Probanden Nr.	Summe der Umwege im Programm- durchlauf	Summe der Fehler bei der Erfolgs- kontrolle	Prozent- Anteil der Fehler
1 - 5	5	20	33
6 - 10	8	16	27
11 - 15	5	29	43
16 - 20	19	33	55
21 - 25	9	44	73
26 - 30	23	39	65
31 - 35	22	35	65

Versuchsgruppe / Gruppe A: Programmdurchlauf

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Das Runden auf Ganze Herausfind. d. Regel d. Rundens auf Ganze		♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
112 A	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
113 A	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
115 A																																				
121 A																																				
112 A																																				
128 A																																				
129 A	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
125 B	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
115 B																																				
120 B																																				
126 A																																				
129 A																																				
132 B																																				
116 A																																				
114 B																																				
113 A																																				
126 B																																				
122 B																																				
118 B																																				
119 A	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
112 B	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
122 A																																				
130 A																																				
114 A																																				
117 A																																				
113 B																																				

Beispiele für 2. und 3. a. z. t.
Aufgabe: Je 3 Beispiele -
Wo ist der Fehler?

bei d. tausendstein 121 B bei d. Hundertstein 125 A "alle Aufg. richtig" Aufs. 7,095 auf 130									
121 B	125 A	131 B	120 A	123 B	134 B	124 A	133 B	117 B	135 B
125 A	131 B	120 A	123 B	134 B	124 A	133 B	117 B	135 B	130 B
Auswahlantworten	Auswahlantworten	Auswahlantworten	Auswahlantworten	Auswahlantworten	Auswahlantworten	Auswahlantworten	Auswahlantworten	Auswahlantworten	Auswahlantworten
7,00	7,09	7,14	7,10	Aufs.: Rd. nach	Add. 590, 8 a. G.	7,00	698	690	691
7,09	7,14	7,10	Aufs.: Rd. nach	Add. 590, 8 a. G.	7,00	698	690	691	Aufs.: Rd. nach
7,14	7,10	Aufs.: Rd. nach	Add. 590, 8 a. G.	7,00	698	690	691	Aufs.: Rd. nach	Add. 6,529 a. h.
7,10	Aufs.: Rd. nach	Add. 590, 8 a. G.	7,00	698	690	691	Aufs.: Rd. nach	Add. 6,529 a. h.	Auswahlantworten
Add. 590, 8 a. G.	7,00	698	690	691	Aufs.: Rd. nach	Add. 6,529 a. h.	Auswahlantworten	5,52	7,52
7,00	698	690	691	Aufs.: Rd. nach	Add. 6,529 a. h.	Auswahlantworten	5,52	7,52	6,53
698	690	691	Aufs.: Rd. nach	Add. 6,529 a. h.	Auswahlantworten	5,52	7,52	6,53	Aufs.: 3-2,225
690	691	Aufs.: Rd. nach	Add. 6,529 a. h.	Auswahlantworten	5,52	7,52	6,53	Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.
691	Aufs.: Rd. nach	Add. 6,529 a. h.	Auswahlantworten	5,52	7,52	6,53	Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel
Aufs.: Rd. nach	Add. 6,529 a. h.	Auswahlantworten	5,52	7,52	6,53	Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel	Auswahlantw.
Add. 6,529 a. h.	Auswahlantworten	5,52	7,52	6,53	Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel	Auswahlantw.	0,7
Auswahlantworten	5,52	7,52	6,53	Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel	Auswahlantw.	0,7	1,2
5,52	7,52	6,53	Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel	Auswahlantw.	0,7	1,2	0,8
7,52	6,53	Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel	Auswahlantw.	0,7	1,2	0,8	131 A
6,53	Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel	Auswahlantw.	0,7	1,2	0,8	131 A	Ziel: Du hast das
Aufs.: 3-2,225	Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel	Auswahlantw.	0,7	1,2	0,8	131 A	Ziel: Du hast das	Runden verstanden,
Rnd. d. Ergebn.	auf Zehntel	Auswahlantw.	0,7	1,2	0,8	131 A	Ziel: Du hast das	Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben
auf Zehntel	Auswahlantw.	0,7	1,2	0,8	131 A	Ziel: Du hast das	Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben	
Auswahlantw.	0,7	1,2	0,8	131 A	Ziel: Du hast das	Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben		
0,7	1,2	0,8	131 A	Ziel: Du hast das	Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben			
1,2	0,8	131 A	Ziel: Du hast das	Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben				
0,8	131 A	Ziel: Du hast das	Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben					
131 A	Ziel: Du hast das	Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben						
Ziel: Du hast das	Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben							
Runden verstanden,	Prüfungsaufgaben								
Prüfungsaufgaben									

- = Erläuterung u. Aufgabe
- + = Entscheidung f. eine der folg. Auswahlantworten
- = Entscheidung f. eine falsche Auswahlantwort
- = Entscheidung f. die richtige Auswahlantwort, Bestätigung
- ⊕ = Entscheidung f. die richtige Auswahlantwort, Bestätigung u. Stellung einer neuen Aufgabe

5b) Zahl der Fehler bei der Lernerfolgskontrolle in Abhängigkeit von den Umwegen im Programmdurchlauf:

Zahl der Umwege	N	Fehlerdurchschnitt
0	7	4,6
1 - 2	6	7,0
3 - 5	6	5,0
6 -13	7	9,0

Neun der 14 Schüler, die beim Programmdurchlauf keine Umwege beschritten haben, konnten mindestens sechs der zwölf Items nicht lösen; nur zwei Schüler zeigten auch bei der Erfolgskontrolle, daß die im Programm dargebotenen Inhalte erfaßt worden sind.

Insgesamt erzielte die Gruppe der Schüler mit 0 Fehlern im Programmdurchlauf durchschnittlich 4,6 Fehler bei der Erfolgskontrolle und wies damit noch den besten Programmerfolg auf. Die Gruppe mit 7 und mehr Fehlern im Programmdurchlauf hatte mit 8,6 Fehlern auch bei der Prüfung des Programmerfolges die höchste Quote. Gerade diese aus der Tabelle 5b entnommenen Ergebnisse lassen eine hohe Korrelation zwischen dem Programmerfolg und dem Programmdurchlauf vermuten. Wir ermitteln einen Rangkorrelationskoeffizienten $R = 0,393$. Bei einem $N = 35$ entspricht diesem R ein Wert von $z = 2,292$. Die Beziehung zwischen dem Programmdurchlauf und dem Programmerfolg ist somit als signifikant zu bezeichnen.

2. Fehleranalyse

Eine Analyse der bei der Erfolgskontrolle in den 12 typischen Prüfungsaufgaben produzierten Fehler läßt verschiedene Fehlertypen erkennen. Diese können nach den in der Tabelle 6 genannten Kategorien zusammengefaßt werden. In der Kategorie "andere Fehler" sind alle Fehler zusammengefaßt, die - außer dem Erkenntniselement "eine Zahl wird beim Runden kürzer bzw. übersichtlicher" - in keinem

T a b e l l e 6

Darstellung der wichtigsten Fehler der Versuchsgruppe

Fehlerquellen/ Fehlerart	Runden auf Ganze		Runden auf Zehntel		Runden auf Hundertstel		auf %	Gesamt ab %
	auf ab	ges. %	auf ab	ges. %	auf ab	ges. %		%
1. nicht auf die gewünschte Stelle gerundet	9 28	37 44	24 23	47 34	29 45	74 44	$\frac{62}{39}$	$\frac{96}{42}$ 40,5
2. aufger./abger. statt abger./aufgerundet	2 25	27 32	24 21	45 33	19 29	48 29	$\frac{45}{28}$	$\frac{75}{32}$ 30,8
3. falsch auf/ab	4 10	14 16	19 19	38 28	14 20	34 20	$\frac{37}{23}$	$\frac{49}{21}$ 22,1
4. Aufgabe ohne Lösungsversuch	2 3	5 6	4 2	6 4	4 -	4 2	$\frac{10}{6}$	$\frac{5}{2}$ 3,8
5. andere Fehler	2 -	2 2	1 1	2 1	2 5	7 4	$\frac{5}{3}$	$\frac{6}{3}$ 2,8
G e s a m t	19 66	85 100	72 66	138 100	68 99	167 99	$\frac{152}{99}$	$\frac{231}{100}$ 390 100,0

der oben angeführten Strukturelemente einen Lernerfolg erkennen lassen. Insgesamt handelt es sich hier also um Ergebnisse, die als unsinnig zu interpretieren wären. In den Fehlerkategorien 1, 2 und 3 sind natürlich auch Fehler enthalten, die mehreren Klassen zuzuordnen sind. Hier wurde jeweils eine Klassifizierung nach dem Fehler vorgenommen, der von der Struktur "Runden" her der wichtigere ist.

Es wurde daher wie folgt gewichtet:

<u>Fehlerkombination</u>	<u>wichtigere Kategorie</u>
falsch gerundet / falsche Stelle gerundet	1
auf- statt abgerundet / falsche Stelle	1
falsch gerundet / auf- statt abgerundet	1

Es ergibt sich somit folgende Gewichtungsrangfolge:

1. falsch
2. ab- statt auf / auf- statt abgerundet
3. falsche Stelle gerundet

Diese Analyse zeigt bei der Gesamtleistung (letzte Spalte) deutlich, daß das "falsche Runden" als wohl komplexeste Fehlerart nur knapp ein Viertel der Fehler ausmacht. Das Runden in falscher Richtung liegt bei 30 Prozent der Fehler vor, 40 Prozent beruhen auf dem Runden auf die falsche Stelle.

Innerhalb der Item-Gruppen "Runden auf Ganze", "Runden auf Zehntel", "Runden auf Hundertstel" läßt sich in etwa die gleiche Fehlerverteilung auf die einzelnen Fehlerkategorien feststellen. Beim Runden auf Ganze und beim Runden auf Hundertstel treten maximale Differenzen von vier Prozentpunkten auf, beim Runden auf Zehntel dagegen spielt die dritte Fehlerkategorie mit 34 Prozent eine etwas geringere Rolle als bei den übrigen Item-Gruppen.

Interpretierend läßt sich somit feststellen:

Während die erste Fehlerart wohl im wesentlichen darauf zurückzuführen ist, daß das Runden als Operation in wesentlichen Teilen nicht erfaßt worden ist, läßt die zweite Fehlerart entweder auf die fehlende Kenntnis der Begründung des Rundens (Ausgleich von Vor- und Nachteilen) oder auf die mangelhafte Kenntnis des Dezimalsystems schließen. Ausschließlich auf der zuletzt genannten, im Strukturvorfeld des Themas liegenden Minderleistung scheinen die Fehler der Kategorie 3 zu beruhen. Diese Fehler sind weniger auf dem Nicht-erfassen der Elemente des Themas als auf mangelnde Lernvoraussetzungen zurückzuführen.

4. Interpretation der Ergebnisse und Konsequenzen für die Gestaltung des "Eigenprogramms"

Wir haben festgestellt, daß

1. der Lernerfolg der Schüler mittels des TT-Programms als unzureichend zu bezeichnen ist,
2. die Qualität der Ergebnisse des Programmdurchlaufs im Widerspruch zur Qualität der Ergebnisse der Erfolgskontrolle steht,
3. bestimmte Fehlerkategorien besonders häufig frequentiert sind,
4. ein großer Anteil der Fehler auf fehlender Kenntnis der Elemente des Strukturvorfeldes beruht.

Der zunächst zwischen Programmdurchlauf und Lernerfolg existierende Widerspruch scheint durch den zuletzt genannten Tatbestand begründet und darauf hinzuweisen, daß bei der Programmkonstruktion entgegen der im Lehrerbegleittheft (S.15) getroffenen Aussage primär, ja vermutlich sogar ausschließlich die Ergebnisse des Programmdurchlaufs als einzige kontrollierende Instanz eingesetzt worden waren. Die vorliegende Untersuchung zeigt jedoch, daß diese Kontrollinstanz keine Gewähr für eine gute

Programmgestaltung und damit für einen optimalen Lernerfolg bietet. Dies mag daran liegen, daß eine Durchlaufanalyse Fehler des Programms bezüglich der Informationsvermittlung, Schwächen im Aufbau eines Lernschrittes, mangelnde Verständlichkeit der Anweisungen und vor allem Nachteile durch das Nichtanbieten sogenannter typischer Fehler als Auswahlantwort nicht umfassend erkennen läßt.

In der vorliegenden Untersuchung wird besonders der letzte Punkt bestätigt, wenn man die bei der Abschlußüberprüfung produzierten Fehler zu Kategorien zusammenfaßt und diese so ermittelten Kategorien mit den angebotenen Fehlerkategorien in den Auswahlantworten vergleicht.

Der oft zu vermissenden Fehleranalyse kommt also bei der Konstruktion verzweigter Programme eine dreifache Bedeutung zu: zunächst gibt sie Auskunft über die Qualität der Informationsvermittlung, weiterhin stellt sie neben der Strukturfeldanalyse ein Hilfsmittel für die Konstruktion und Ermittlung typischer Auswahlantworten (Fehlerantworten) dar und schließlich läßt sich durch die Fehleranalyse nachträglich das Beherrschen der Elemente des Strukturvorfeldes und damit die Entsprechung von Programm und Adressatenkreis ermitteln.

Was den zuletzt genannten Punkt betrifft, läßt sich für die vorliegende Stichprobe feststellen, daß das im Vorfeld liegende Thema "Positionssystem" von einer großen Zahl der Schüler nicht erfaßt ist und somit den Lernerfolg der Schüler mit dem Programm wesentlich negativ beeinflusst.

Aus den vorliegenden Ergebnissen sind also folgende Konsequenzen für die Programmgestaltung und den Lehrerunterricht zu ziehen:

1. Programmänderung:

- a) Einbau von Umwegen, in denen Elemente der Struktur "Positionssystem" dargestellt und wiederholt werden,
- b) präzisere Lernschritte mit klarer Herausstellung der Strukturelemente,
- c) Einbau typischer, strukturorientierter Fehler.

2. Konventioneller Unterricht durch den Lehrer:

- a) Vorschaltung einer Wiederholungsstunde mit dem Thema "Positionssystem",
- b) Durchführung einer Strukturfeldanalyse.

4.1.1.3.3. Die Leistungen der Stichproben "EP"
(Eigenprogramm) und "LU" (Lehrerunterricht)
im Vergleich zu denen der Versuchsgruppe

1. Gesamtleistung

In der folgenden Tabelle sind die durchschnittliche Bearbeitungszeit der Kontrollitems und die Gesamtfehlerzahlen der verschiedenen Stichproben enthalten.

Tabelle 7:

Mittlere Fehlerhäufigkeit der Probanden der Stichproben "TT", "EP", "LU".

Stichprobe	$\bar{x}$ Arbeitszeit bei Kontroll- untersuchung	Zahl der Fehler		
		ges.	%	$\bar{x}$
Versuchsgruppe "TT"	32"	221	53	6,31
Kontrollgruppe 1 "EP"	21"	76	18	2,17
Kontrollgruppe 2 "LU"	25"	51	12	1,46

Bei den 12 Items wiesen die Schüler der Versuchsgruppe durchschnittlich 6,31, die Schüler der Kontrollgruppe 1 (Eigenprogramm) 2,17 und die Probanden der Kontrollgruppe 2 (Lehrerunterricht) 1,46 Fehler auf. Wir gehen von der Annahme nicht bestehender Leistungsunterschiede zwischen den Stichproben aus und überprüfen diese Nullhypothese mit Hilfe des Tests von Kruskal-Wallis (vgl. MITTENECKER, S. 164). Bei einem $\chi^2(KW) = 37,795$ ist die Nullhypothese zu verwerfen:

die Stichproben unterscheiden sich bezüglich der von ihnen in der Kontrolluntersuchung produzierten Fehler sehr signifikant.

Da der Mittelwert der Stichprobe 1 stärker von dem der Stichprobe 2 und Stichprobe 3 abweicht, als der der Stichprobe 2 von dem der Stichprobe 3, führen wir Leistungsvergleiche zwischen den einzelnen Stichproben durch und setzen, da nur die Daten der Stichprobe 1 normal verteilt sind, den Wilcoxon - White - Test ein. Wir erhalten für folgende Vergleiche folgende Ergebnisse:

Tabelle 8:

Vergleich der Stichproben bezüglich der Fehlerzahlen -
Ergebnisse des Wilcoxon - White - Tests

Vergleich	T_1	T_{pop}	$s_{\text{kor.}}$	z	Bed.
TT - LU	773 (TT) ¹⁾	1242,5	83,86	5,59	s.s.
TT - EP	817 (TT)	1242,5	84,63	5,06	s.s.
EP - LU	1093,5 (EP)	1242,5	81,75	1,859	n.s.

Hinsichtlich der Fehlerzahlen unterscheidet sich die Versuchsgruppe von beiden Kontrollgruppen sehr signifikant. Zwischen den beiden Kontrollgruppen ist der Leistungsunterschied als nicht signifikant zu bezeichnen.

Geht man wiederum von der Konvention aus, daß das Lernziel erreicht ist, wenn 100 Prozent der Items gelöst sind, so trifft dies für folgende Schüler innerhalb der drei Stichproben zu:

1) Die niedrigeren Rangsummen der jeweils weniger erfolgreichen Verfahren kommen dadurch zustande, daß die Probanden bezüglich ihrer Fehlerzahlen in eine gemeinsame Rangfolge gebracht worden sind. Dabei erhielt die höchste Fehlerzahl den Rang 1.

Tabelle 9

Zahl der Schüler, die das Lernziel erreicht haben

Stichprobe	Runden auf			Gesamt- leistung
	Ganze	Zehntel	Hundertstel	
"TT"	7	7	4	3
"EP"	19	22	17	10
"LU"	31	22	25	18

Dem Verhaltensmaßstab "100 % (gelöste Items): 0 % (ungelöste Items)" entsprechen in der Gruppe 1 (TT) 3, in der Gruppe 2 (EP) 10 und in der Gruppe 3 (LU) 18 Schüler. Begnügt man sich mit einer Relation von 75 % : 25 %, so stehen fünf Schüler der Gruppe 1, 19 der Gruppe 2 und 25 der Gruppe 3 gegenüber.

Mit Hilfe einer χ^2 - 3 x 2-Felderanordnung überprüfen wir sowohl für den Maßstab 1 (Forderung: 100 % Lösungen) als auch für den Maßstab 2 (Forderung: 75 % Lösungen), ob die drei Stichproben einer gemeinsamen Grundgesamtheit entstammen. Wir erhalten im ersten Falle ein χ^2 von 15,454 und im zweiten ein solches von 42,321. Die Aussage über die unterschiedliche Wirksamkeit der drei Unterrichtsformen ist somit mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als einem Prozent behaftet.

Da auch bei der vorliegenden Auswertung die Stichproben 2 und 3 sich in ihren Leistungen mehr ähneln als dies für beide hinsichtlich der Stichprobe 1 zutrifft, wurden noch Vergleiche zwischen den einzelnen Stichproben durchgeführt. Hierbei konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

Tabelle 30

Vergleich der Stichproben 1, 2 und 3:

"Das Bildungsziel ist erreicht."

(Prüfverfahren χ^2 - 3 x 2 - Felder - Anordnung)

Vergleich	χ^2	Bed.
TT - EP	4,630	s
TT - LU	15,306	ss
EP - LU	3,810	ns

Geht man von einem Lösungsanteil von 100 Prozent aus, so unterscheidet sich die Stichprobe 1 von der Stichprobe 2 signifikant und von der Stichprobe 3 sehr signifikant. Dagegen ist der Unterschied zwischen den Stichproben 2 und 3 noch als im Normalbereich liegend anzusehen. Betrachtet man das Bildungsziel als erreicht, wenn 75 Prozent der Items bewältigt sind, so lassen sich alle Stichproben bezüglich der Zahl der Schüler, die das Bildungsziel erreicht haben, als unterschiedlich bezeichnen. Diese Aussage ist für die Vergleiche der Stichproben 1 und 2 sowie 1 und 3 auf dem 1 % - Niveau und für die Stichprobe 2 und 3 auf dem 5 % - Niveau abgesichert.

2. Die Leistungen der drei Stichproben bei den drei Itemgruppen: "Runden auf Ganze", "Runden auf Zehntel", "Runden auf Hundertstel"

Von besonderer Bedeutung ist - wie bereits bei der Analyse der Ergebnisse der Stichprobe 1 festgestellt wurde (vgl. S. 115) - für die Beurteilung der Effektivität eines Unterrichtes die Feststellung, inwieweit dieser in der Lage war, Einsichten zu vermitteln, das heißt den Schüler Strukturgleichheit der Operationen bei verschiedenen Itemgruppen erkennen zu lassen. Wir hatten oben festgestellt, daß es dem TT - Programm nicht gelungen ist, dieses Ziel zu erreichen. Im folgenden wollen wir nun überprüfen, ob dieses Ziel bei der Stichprobe 2 und bei der Stichprobe 3 besser erreicht worden ist.

Die Schüler erzielten von jeweils 140 möglichen Lösungen in den einzelnen Itemgruppen folgende Lösungshäufigkeiten, folgende Mittelwerte und folgenden prozentualen Lösungsanteil:

Tabelle 11

Lösungshäufigkeiten der Stichproben 1 - 3 in den drei Itemgruppen

Runden auf Stichprobe	1/1		1/10		1/100	
	Lös.	%	Lös.	%	Lös.	%
Stichprobe 1 (TT)	87	62	71	51	41	29
Stichprobe 2 (EP)	119	85	115	82	110	79
Stichprobe 3 (LU)	134	96	117	84	118	84

Vergleicht man die Leistungen zwischen den Itemgruppen innerhalb der Stichproben, so läßt sich bei allen drei Stichproben ein Leistungsabfall vom Runden auf Ganze über das Runden auf Zehntel hin zum Runden auf Hundertstel feststellen. Eine Ausnahme bildet die Stichprobe drei, die beim Runden auf Zehntel eine geringfügig schlechtere Leistung aufweist als beim Runden auf Hundertstel. Besonders augenfällig ist hier der wesentlich größere Leistungsunterschied zwischen den Itemgruppen bei der Stichprobe 1 (53 Prozent, Leistung beim Runden auf Ganze = 100 Prozent) als bei der Stichprobe 2 (80 Prozent) und bei der Stichprobe 3 (12 Prozent).

Mit Hilfe der FRIEDMAN'schen Rangvarianzanalyse prüfen wir die Hypothese, daß die Itemgruppen 1, 2 und 3 den gleichen Schwierigkeitsgrad für die nach drei verschiedenen Methoden unterrichteten Schüler aufweisen.

Wir erhalten folgende Ergebnisse:

Stichprobe 1 (TT) : $\chi^2_F = 15,043$ s.s. (df = 2)

Stichprobe 2 (ET) : $\chi^2_F = 3,529$ n.s. (df = 2)

Stichprobe 3 (LU) : $\chi^2_F = 1,329$ n.s. (df = 2)

Die Stichprobe 1 bewältigt die drei Itemgruppen mit unterschiedlicher Leistung. Bei den Stichproben 2 und 3 weisen die Itemgruppen keine überzufällig unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade auf. Die Leistungen dieser Stichproben sind bei den Itemgruppen 1 - 3 als homogen anzusehen.

Da jedoch die Leistungsabstände zwischen den drei Itemgruppen unterschiedlich groß sind, scheint die Überprüfung angebracht, ob die aufgrund der Ergebnisse des FRIEDMAN-Tests möglichen globalen Aussagen auch für die einzelnen Vergleiche der Itemgruppen gültig sind.

Mit dem Test von Wilcoxon-Wilcoxon sollte nun ein multipler Vergleich durchgeführt werden. Da die bei einem N = 35 erforderlichen biometrischen Skalen von PEARSON und HARTLEY (zit. bei SACHS, S. 428) nicht erreichbar waren, wird der Vorzeichentest von DIXON und MOOD (vgl. SACHS, S. 247) durchgeführt.

Tabelle 12

Ergebnisse des Tests von DIXON und MOOD beim Vergleich benachbarter Itemgruppen

Stichprobe	Vergleich Itemgruppen	a > b	a < b	a = b	Bed.
"TT"	G : Z	12	5	18	n.s.
	G : H	22	2	11	s.s.
	Z : H	18	2	15	s.s.
"EP"	G : Z	9	8	18	n.s.
	G : H	13	9	13	n.s.
	Z : H	9	4	22	n.s.
"LU"	G : Z	12	1	22	s.s.
	G : H	9	2	24	n.s.
	Z : H	8	8	19	n.s.

Die oben aufgrund des FRIEDMAN'schen Tests möglichen Aussagen können nun spezifiziert werden: Die Stichprobe "TT" weist zwischen der Itemgruppe 1 und der Itemgruppe 2 sowie zwischen der Itemgruppe 2 und der Itemgruppe 3 unterschiedliche Leistungen auf. Lediglich die Leistungen beim Runden auf Ganze und beim Runden auf Zehntel sind hier nicht als bedeutsam unterschiedlich anzusehen. Bei den beiden anderen Stichproben dagegen erweist sich von sechs Vergleichen nur noch ein Vergleich - und zwar bei der Stichprobe 3 zwischen dem Runden auf Ganze und dem Runden auf Zehntel - als sehr bedeutsam.

Wir haben bisher feststellen können, daß zwischen den Leistungen der Stichprobe "TT" bei den Itemgruppen 1, 2 und 3 Differenzen bestehen und daß die Stichprobe 1 im Vergleich zu den Stichproben 2 und 3 in allen Itemgruppen die schwächste Leistung aufweist. Diese zuletzt getroffene Aussage ist jedoch statistisch noch nicht abgesichert. Im folgenden ist daher zu prüfen, ob die zwischen den Stichproben in den verschiedenen Itemgruppen bestehenden Differenzen als zufällig zu erachten sind. Der sich zur Überprüfung anbietende Wilcoxon-White-Test wird hier jedoch nicht durchgeführt, da er wegen der geringen Streubreite der Lösungshäufigkeiten (zwischen 0 und 4) und der damit verbundenen großen Zahl der Rangplatzteilungen trotz eines korrigierten s_T nur unpräzise Ergebnisse liefern würde. Es wird hier daher ebenfalls auf den weniger aufwendigen Vorzeichentest von DIXON und MOOD zurückgegriffen, dessen Einsatz durch die Parallelisierung der Stichproben möglich ist.

In der Tabelle ist jeweils in der ersten Spalte einer jeden Itemgruppe die Zahl der positiven Differenzen zugunsten der erstgenannten Unterrichtsmethode, in der zweiten Spalte die Zahl der negativen Differenzen (Begünstigung der zweitgenannten Unterrichtsmethode) und in der dritten Spalte die Zahl der Nulldifferenzen festgehalten. Eine negative Differenz liegt also immer dann vor, wenn der Vertreter der zuerst genannten Stichprobe eine geringere Leistung aufweist als der Vertreter der zweitgenannten Stichprobe.

Tabelle 13

Vergleich der Leistungen der drei Stichproben,
Ergebnisse des Tests von DIXON und MOOD

Vergleich	Ganze Diff.			Bed.	Zehntel Diff.			Bed.	Hundertstel Diff.			Bed.
	+	-	o		+	-	o		+	-	o	
TT : EP	0	25	10	s.s.	5	25	5	s.s.	3	28	4	s.s.
TT : LU	5	23	7	s.s.	6	23	6	s.s.	4	30	1	s.s.
EP : LU	4	16	15	s.	11	9	15	-	6	13	16	-

Außer für den Vergleich "EP - LU" bei der zweiten Itemgruppe liegen bei allen Vergleichen negative Differenzen vor. Das Verhältnis zwischen den positiven und negativen Differenzen ist für alle drei Itemgruppen bei den Vergleichen "TT - EP" und "TT - LU" sehr bedeutsam. Die Stichprobe 1 (TT) unterscheidet sich somit nicht nur in der Gesamtleistung (vgl. S.125), sondern auch in den einzelnen Itemgruppen von den übrigen Stichproben bedeutsam. Zwischen der Stichprobe 2 und 3 läßt sich lediglich bei der Itemgruppe 1 (Runden auf Ganze) ein überzufälliger Unterschied ermitteln.

Geht man wiederum von der Konvention aus, daß das Bildungsziel erreicht ist, wenn 75 Prozent der Items (hier: 3 von 4) gelöst sind, so lassen sich für die verschiedenen Stichproben bei den einzelnen Itemgruppen folgende Relationen ermitteln:

Tabelle 14

Zahl der Schüler je Stichprobe, die das Lernziel in den 3 Itemgruppen erreicht beziehungsweise nicht erreicht haben:

Tabelle 14

Stichprobe	Ganze		Zehntel		Hundertstel	
	+	-	+	-	+	-
TT	21	14	12	23	4	31
EP	31	4	28	7	27	8
LU	33	2	28	7	30	5

Bei dieser Gegenüberstellung zeigen sich die Leistungsunterschiede zwischen der Stichprobe 1 und den beiden übrigen Stichproben besonders deutlich. Während die Stichproben 2 und 3 im ungünstigsten Falle ein Verhältnis von 27 positiven zu 8 negativen Resultaten aufzuweisen haben, hat bei der Stichprobe 1 lediglich beim Runden auf Ganze mehr als die Hälfte der Probanden (21) das Lernziel erreicht. Weiterhin fällt auch bei dieser Datenaufbereitung bei der Stichprobe 1 der starke Leistungsabfall von der Itemgruppe 1 hin zur Itemgruppe 3 auf.

Mit Hilfe des χ^2 - Tests (3×2 - Felder-Anordnung) prüfen wir innerhalb der einzelnen Itemgruppen die Hypothese, daß die drei Stichproben bezüglich ihrer Leistung einer gemeinsamen Grundgesamtheit entstammen. Bei der Itemgruppe 1 erzielen wir ein $\chi^2 = 16,133$, bei der Itemgruppe 2 ein solches von 21,37 und schließlich bei der Itemgruppe 3 ein χ^2 von 45,034. Damit wird der kritische Wert von 9,210 (1 % - Niveau) bei allen drei Überprüfungen übertroffen. Es kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner als einem Prozent von unterschiedlichen Leistungen der drei Stichproben in den drei Itemgruppen und damit von einer unterschiedlichen Effektivität der Unterrichtsmethoden gesprochen werden.

Da die Leistungen der Stichproben 2 und 3 einander eher entsprechen als die Leistungen der Stichproben 1 und 2 beziehungsweise 1 und 3 wäre ein weiterer Einzelvergleich der Stichproben erforderlich. Wegen der zu geringen Erwartungshäufigkeiten ist jedoch ein Einsatz des χ^2 - Vierfeldertests nicht möglich. Es wird daher hier auf das oben dargestellte Ergebnis des Tests von DIXON und MOOD verwiesen.

3. Vergleichende Fehleranalyse

Wir haben im obigen Kapitel feststellen können, daß das TT - Programm als hervorragender Repräsentant einer Vielzahl empirisch fundierter, verzweigter Unterrichtsprogramme trotz eines zufriedenstellenden Durchlaufsergebnisses nicht den erwünschten Erfolg zeigte. Es war daher bereits beim Vergleich des Durchlaufs mit dem Programmerfolg die Forderung ausgesprochen worden, daß die bisher übliche Durchlaufsanalyse durch eine Fehleranalyse ergänzt werden müsse. Die folgende Tabelle zeigt vergleichend die Fehlerzahlen der drei Stichproben in den drei wichtigsten Fehlerkategorien. Beim Lesen der Tabelle ist zu beachten, daß sich ein nicht bewältigtes Item unter Umständen in zwei oder gar drei Fehlerkategorien niederschlagen kann.

T a b e l l e 15

Absolute und relative Fehlerhäufigkeit der 3 Stichproben in den 3 Fehlerkategorien und in den 3 Itemgruppen

Stich- probe	Item- art	1. falsch Fehler	auf/ab %-Items %-Fehler	2. ab statt auf u. umgek. Fehler	%-Items %-Fehler	3. falsche Stelle Fehler	%-Items %-Fehler	gesamt Fehler	%-Items %-Fehler
TT	G	14	10 18	27	19 35	37	26 47	78	-- 21
TT	Z	38	27 29	45	32 35	47	34 36	130	-- 36
TT	H	34	24 22	48	34 31	74	53 47	156	-- 43
TT	Σ	86	21 24	120	29 33	158	38 43	364	-- 100
EP	G	12	9 67	3	2 17	3	2 17	18	-- 30
EP	Z	7	5 33	9	6 43	5	4 24	21	-- 34
EP	H	11	8 50	1	1 5	10	7 45	22	-- 36
EP	Σ	30	7 49	13	3 21	18	4 30	61	-- 100
LU	G	1	1 1	0	0 -	2	1 -	3	-- 7
LU	Z	11	8 -	3	2 -	7	5 -	21	-- 51
LU	H	17	12 -	0	0 -	0	0 -	17	-- 41
LU	Σ	29	7 71	3	1 7	9	2 22	41	-- 100

In den %-Spalten bezieht sich die erste Angabe jeweils auf die Gesamtzahl möglicher Lösungen, die zweite auf die Gesamtzahl der Fehler in der jeweiligen Zeile beziehungsweise (in der Kategorie 'gesamt')

Beim TT - Programm hatten wir festgestellt, daß die Fehlerquote von der Itemgruppe 1 hin zur Itemgruppe 3 und von der Fehlerkategorie 1 hin zur Fehlerkategorie 3 steigt. Abgesehen von der geringeren Fehlerquote trifft der erste Teil der Feststellung für die beiden anderen Stichproben nur bedingt, der zweite nicht zu. Während bei der Stichprobe 1 das Runden auf eine falsche Stelle die wichtigste Fehlerquelle darstellt (41 %), kann dieser Kategorie im Eigenprogramm nur eine zweitrangige (30 % der Fehler) und im Lehrerunterricht eine untergeordnete Rolle (22 % der Fehler) zugesprochen werden. Diese Aussage wird bekräftigt, wenn man die relative Häufigkeit des Auftretens dieser Fehlerkategorie mit der Gesamtzahl der Lösungsversuche der drei Stichproben vergleicht: den nach dem TT-Programm unterrichteten Schülern unterliefen bei 38 Prozent aller Lösungsversuche Fehler dieser Kategorie, bei den nach dem Eigenprogramm unterrichteten Schülern waren es nur noch vier Prozent. Die Schüler, die von einem Lehrer unterrichtet wurden, hatten gar nur zwei Prozent Fehler aufzuweisen.

Die Fehlerkategorie "falsches Runden", die bereits im TT-Programm an der Spitze erwartet werden mußte - sie stellt ein Spiegelbild dessen dar, inwieweit die Struktur des zu vermittelnden Inhaltes erfaßt worden ist - nimmt diesen "bevorzugten Platz" nun beim Eigenprogramm und Lehrerunterricht ein. Allerdings müssen auch hier die Ergebnisse insofern relativiert werden, als die Gesamtfehlerzahl mit in Betracht zu ziehen ist und dadurch zu einer anderen Einschätzung dieses Tatbestandes führt: Bei 21 Prozent aller Lösungsversuche werden in der Stichprobe TT Fehler dieser Kategorie produziert, bei der Stichprobe EP und LU sind es dagegen jeweils nur 7 Prozent.

In der Kategorie "auf(runden) statt ab/ab statt auf" sehen die Relationen für die Stichproben 2 und 3 noch günstiger aus. Während die Schüler der Stichprobe 1 bei 29 Prozent aller Lösungsversuche in der falschen Richtung rundeten, trat dieses Ereignis nur in 3 Prozent aller Lösungsversuche bei den nach dem Eigenprogramm und gar nur in 1 Prozent aller Lösungsversuche bei den durch den Lehrer unterrichteten Schülern ein.

4.1.1.3.4. Zusammenfassung

Die Überprüfung der Effektivität der Unterrichtsverfahren

- programmierter Unterricht mittels eines herkömmlichen Unterrichtsprogramms (TT-Programm),
- programmierter Unterricht mittels eines auf der Basis der Ergebnisse der Strukturfeldanalyse und der Fehleranalyse erstellten Eigenprogramms,
- Lehrerunterricht nach dem Konzept der Strukturaufbauten

an drei parallelisierten Hauptschüler und Realschüler einbeziehenden Stichproben mit jeweils 35 Probanden brachte folgende wesentliche Ergebnisse:

1. Versuchsgruppe (TT-Programm):

- 1.1. In der Abschlußüberprüfung werden 47,4 % der vorgelegten Items gelöst.
5 der 35 Schüler bewältigen mindestens 75 % der Kontrollitems und haben somit das Lernziel erreicht.
- 1.2. Beim Auf- und beim Abrunden werden mit Lösungsanteilen von 55 % beziehungsweise 40 % unterschiedliche Leistungen erzielt
($p < 1 \%$, Wilcoxon - Test).
- 1.3. Die Itemkategorien "Runden auf Ganze", "Runden auf Zehntel", "Runden auf Hundertstel" werden mit Lösungsanteilen von 62 %, 51 % und 29 % unterschiedlich bewältigt ($p < 5 \%$, Rangvarianz-Analyse von FRIEDMAN). Während in der Kategorie 1 von 35 Probanden 21 mindestens 75 % der Kontrollitems gelöst haben, ist dies in der Kategorie 2 bei 12 und in der Kategorie 3 bei 4 Probanden der Fall.

- 1.4. Von 35 Probanden haben 14 das Programm ohne Umweg durchlaufen (10 Kontrollitems). Diese 14 Probanden erzielten jedoch bei der Abschlußprüfung eine Fehlerquote von 38 Prozent.
- 1.5. Gliedert man die Fehllösungen nach den Kategorien "falsch gerundet", "auf- statt ab-", ab- statt aufgerundet", "falsche Stelle gerundet" und "weitere Fehler" auf, so ergibt sich ein Verhältnis der Fehleranteile von 22 : 31 : 41 : 7 Prozent.
2. Wesentliche Momente der Interpretation und der didaktischen Konsequenzen dieser Ergebnisse
- 2.1. Interpretation
 1. Trotz guter Ergebnisse beim Programmdurchlauf ist der Programmerfolg als nicht ausreichend zu bezeichnen.
 2. Es besteht eine Diskrepanz zwischen dem Programmdurchlauf und dem Programmerfolg.
 3. Das Programm ist bei verschiedenen Teillernzielen (Aufrunden - Abrunden, Runden auf Ganze - Zehntel - Hundertstel) unterschiedlich wirksam.
 4. Der Programmerfolg ist durch die mangelnde Beachtung der Lernvoraussetzungen (Kenntnis der Struktur des Positionssystems) beeinträchtigt.
3. Didaktische Konsequenzen
- 3.1. Die geringe Effektivität des untersuchten Programms verstärkt die Vermutung einer eventuell möglichen effektiveren Gestaltung. Insbesondere die unterschiedlichen Lösungshäufigkeiten in den verschiedenen Itemkategorien weisen darauf hin, daß die Elemente des Inhalts "Runden von Dezimalbrüchen" nicht erfaßt sind. Durch eine bessere

Strukturorientierung des Programms sind vermutlich auch bessere Ergebnisse zu erzielen (Übertragung der Grundeinsichten).

- 3.2. Die Programmgestaltung muß neben der Durchlaufanalyse auch die Fehleranalyse einbeziehen.
- 3.3. Elemente des Strukturvorfeldes bedürfen bei der Gestaltung der Umwege einer gezielteren Beachtung.
4. Vergleich der Ergebnisse der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppen
 1. Der Anteil der Lösungen beträgt bei der Abschlußüberprüfung in der TT - Gruppe (Versuchsgruppe) 47, in der EP - Gruppe 82 und in der LU - Gruppe 88 Prozent. Die Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen sind sehr signifikant (Test Kruskal - Wallis).
 2. Zwischen den beiden nach strukturorientierten Verfahren unterrichteten Stichproben (EP und LU) besteht kein bedeutsamer Unterschied.
 3. Während die Versuchsgruppe hinsichtlich der Zahl der Lösungen in den Itemkategorien 1, 2 und 3 sehr bedeutsame Differenzen aufweist, ist dieser Tatbestand bei beiden Kontrollgruppen nicht nachweisbar (Rangvarianzanalyse von FRIEDMAN).
 4. Die Stichproben TT, EP und LU unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der Gesamtleistung, sondern auch hinsichtlich der Leistung in den drei Itemgruppen ($p < 1 \%$, $\chi^2 - 3 \times 2$ -Felder - Anordnung).
 5. Während die Versuchsgruppe in den drei Fehlerkategorien einen Anteil von 21 : 29 : 38 Prozent (gemessen an der Zahl möglicher Lösungen) aufweist, beträgt dieser bei der Kontrollgruppe EP 7 : 1 : 4 und bei der Kontrollgruppe LU 7 : 3 : 2 Prozent.

5. Stellungnahme zur Hypothese 1 und zu den
 Fragestellungen

5.1. Hypothese 1:

1. Die Hypothese muß beibehalten werden. Das überprüfte TT - Programm kann durch gezielte Maßnahmen (Strukturorientierung, Fehleranalyse) bedeutsam verbessert werden.
2. Frage 1:
 Der Lernerfolg des TT - Programms ist im Vergleich zu dem der beiden anderen Verfahren als unzureichend zu bezeichnen.
3. Frage 2:
 Vergleiche die Stellungnahme zur Hypothese 1
4. Frage 3:
 Zwischen dem strukturorientierten Unterricht konventioneller Art (Lehrer) und dem strukturorientierten programmierten Unterricht besteht kein bedeutsamer Unterschied.

4.1.1.3.5. Interpretation

Durch eine bessere Strukturorientierung einerseits und eine Ergänzung der Programmdurchlaufanalyse durch eine Programmerfolgsanalyse (Fehleranalyse) andererseits war es möglich, den mittels eines erprobten verzweigten Programms erlangten Lernerfolg so zu steigern, daß nur noch ein Sechstel (Eigenprogramm) beziehungsweise ein Neuntel der Fehlerzahlen der Versuchsgruppe (TT - Programm) auftraten. Diese außerordentliche Leistungssteigerung beruht im wesentlichen auf drei Säulen:

1. auf einer besseren Ermittlung und Schaffung der Lernvoraussetzungen bei dem Schüler,
2. auf einer genauen Analyse der Strukturelemente des Inhalts (Strukturfeldanalyse),
3. auf den aus den Ergebnissen der Fehleranalyse beruhenden Maßnahmen (zum Beispiel der strukturorientierten Kontrolle).

Zu 1: Der ungenügende Lernerfolg, der durch das TT - Programm erzielt wurde, einerseits und die durch die Fehleranalyse ermittelten, im Strukturvorfeld des Programms anzusiedelnden Insuffizienzen des Schülers andererseits können zu der Annahme verleiten, daß das Programm für die ausgewählten Probanden zu schwer, beziehungsweise zu einem zu frühen Zeitpunkt eingesetzt worden sei. Die Fehler seien also nicht in dem Programmaufbau und in der Programmgestaltung zu suchen, sondern in der inkorrekten Auswahl des Adressatenkreises.

Diese Ansicht scheint völlig berechtigt, jedoch in einem anderen Sinne, als dies der Kritisierende vermutlich beabsichtigt: geht man von dem Lehrplan der allgemeinen Schulen (Hessen) aus, so muß bis zum Ende des vierten Schuljahres die Struktur des Positionssystems bekannt und damit die Lernvoraussetzung für das Strukturgefüge "Runden von Dezimalbrüchen" bei Schülern des fünften

Schuljahres geschaffen sein. Die vorliegende Untersuchung liefert jedoch eine eindeutige Bestätigung dafür, daß die bisherige Unterrichtspraxis zumindest bei den untersuchten Kindern zu einem nicht ausreichenden Erfolg geführt hat. Wenn wir also das TT - Programm als zu schwer für die ausgewählten Probanden ansehen, so ist dies berechtigt; falsch ist das Argument, das Programm müsse zu einem späteren Zeitpunkt eingesetzt werden, da laut Lehrplan die Inhalte des Vorfeldes nicht mehr Gegenstand unterrichtlicher Betrachtung sind. Vielmehr ist dafür Sorge zu tragen, daß durch einen strukturorientierten und damit durch einen in echter Weise differenzierenden Unterricht die Schüler die Möglichkeit erhalten, bessere Lernerfolge zu erzielen. Das Versagen der Schüler muß somit letztlich auf ein Versagen der Schule zurückgeführt werden.

Zu 2.: Die vorliegende Untersuchung zeigt bei den nach dem TT - Programm unterrichteten Schülern einen deutlichen Leistungsunterschied zwischen dem Runden auf Ganze, Zehntel und Hundertstel auf. Dieser Tatbestand ist zum Teil - wie oben dargestellt - auf das fehlende Verständnis der Begriffe "Ganze", "Zehntel" und "Hundertstel" zurückzuführen, liefert aber auch Hinweise auf die gleichen Schwächen des Programms, wie sie bei der Überprüfung der arithmetischen Leistung für den konventionellen Unterricht zu zeigen sein werden (Untersuchung 3.1.): mangelnde Strukturorientiertheit mit der Konsequenz des Erlernens von phänomenologisch orientierten Schematismen anstelle der Vermittlung von Einsichten (Auswendiglernen von Fakten, mangelnde Ermöglichung des Transfers von Einsichten, stets neues Auswendiglernen von Tatbeständen anstelle einer Generalisierung und eines allmählichen Aufbaus komplexer Einsichten), trotz bester Bemühungen nicht ausbleibender Zwang zum Lernen anstelle der Entwicklung der Entdecker- und Lernfreude und Kreativität.

Die weiterhin mögliche Vermutung, daß die Schüler zur Erfassung des Positionssystems in diesem Alter noch nicht in der Lage seien - Vermutungen, wie sie sich in den

didaktischen Ansätzen der Sonderschule für Lernbehinderte beharrlich halten - ist durch die Ergebnisse der Stichproben 2 und 3 widerlegt worden. Dabei standen zur strukturorientierten Erfassung des Positionssystems (Wiederholung der Inhalte des Strukturvorfeldes) maximal 45 Minuten zur Verfügung. Die starke Reduzierung der durch das Strukturvorfeld begründeten Fehler beweist, daß oft die Bereitstellung weniger - allerdings besonders präparierter - Lernsituationen ausreicht, um dem Schüler entscheidende Einsichten zu vermitteln und ihm das langwierige, auf Schematismen abzielende Üben zu ersparen. Solche Hilfen sind in der bisherigen Unterrichtspraxis bei den jetzigen didaktischen Konzepten nicht gegeben.

Zu 3.: Als ein entscheidender Vorteil des Konzepts der Strukturaufbauten wird angesehen, daß die Erarbeitung neuer komplexerer Elemente nur dann angestrebt wird, wenn die im Vorfeld liegenden Elemente (Teilelemente des neuen Elements) erfaßt worden sind. An dieser Nahtstelle zwischen Didaktik im engeren Sinne und der im weiteren Sinne (KLAFKI) wird die Möglichkeit sinnvollen Individualisierens und Differenzierens sichtbar. Differenzieren bedeutet nicht allein, wie dies in der herkömmlichen Literatur häufig dargestellt wird, ein Aufteilen der Inhalte in Unabdingbares und Wünschenswertes (vgl. KLAUER), in Fundamentum und Zusatzpensum, sondern wesentlicher, ja primär, ein Abstimmen der Inhalte auf den je verschiedenen Erkenntnisstand der Kinder, auf ihre je verschiedene Ausgangslage. Ein Unterricht scheint umso erfolgreicher zu sein, ja sein zu müssen, je eher es ihm gelingt, die spezielle Ausgangslage der Kinder zu sehen. Im gleichen Sinne scheint auch der leichte Vorteil des Lehrerunterrichts gegenüber dem Eigenprogramm erklärbar: durch das unmittelbare Reagieren des Lehrers können Lernbarrieren und Lernschwierigkeiten unter Umständen schnell beseitigt werden. Diese konkreten, individuellen Hilfen werden umso dringlicher, je mehr sich die Kinder bei der Erarbeitung bestimmter Strukturen

auf verschiedenen Abstraktionsebenen bewegen. Ein Programm kann diese Aufgabe wohl kaum leisten.

Obwohl wir später noch auf das Problem der Methode näher eingehen werden, sei bereits jetzt darauf hingewiesen, daß auch die Abstraktion nur dann gelingt, wenn die Schüler gezielt in diesem Prozeß gefördert werden. Hier lehnen wir uns nahe an Vorstellungen an, wie sie etwa von GALPERIN entwickelt worden sind. Wir werden hierauf bei der Darstellung der Untersuchungen 5.1., 5.2. und 5.3. noch näher eingehen.

4.1.2. Untersuchung 1.2:

Überprüfung der Effektivität heutiger Unterrichtsverfahren - Kontrolluntersuchung zur Untersuchung 1.1.

4.1.2.1. Vorbemerkungen

Um vor allem das unerwartete Ergebnis des Vergleichs "programmierter Unterricht"- "strukturorientierter konventioneller Unterricht" (TT - LU) - mit Ausnahme der Untersuchung von ROTH (1971) ist in keiner der uns bekannten wissenschaftlichen Untersuchungen ein ähnliches Ergebnis festgestellt worden - einer Kontrolle unterwerfen zu können, wurde die Untersuchung an der gleichen Schule (Mittelpunktschule Eiterfeld) 15 Monate später wiederholt. Einige Ergebnisse dieser Untersuchung sollen im folgenden kurz referiert werden.

Zunächst einige Vorbemerkungen zur Auswahl der Stichprobe und zur Modifikation des Untersuchungsprogramms:

In der Untersuchung 2 wurden 130 Schüler des 5. Schuljahres in die zum Zweck einer Erstellung parallelisierter Stichproben durchgeführte Voruntersuchung (vgl. Untersuchung 1) einbezogen. 20 dieser Schüler schieden im Verlaufe der Voruntersuchung wegen Erkrankung oder kurzfristiger Abwesenheit aus, 2 von diesen Schülern wiederum waren in ihrer Fähigkeit, sinnentnehmend lesen zu können, so stark beeinträchtigt, daß auch sie zunächst für eine Aufnahme in die Gesamtstichprobe nicht geeignet schienen. Die spätere Verteilung auf die drei Untersuchungsstichproben ergab jedoch, daß beide Schüler zufällig der Gruppe 3 (LU) zuzuordnen waren, wodurch ihre Mitarbeit nicht nur möglich, sondern im Interesse der Klärung weiterer (hier nicht näher zu referierender) Untersuchungsanliegen sogar geboten schien. So verblieben also 110 Kinder in der Gesamtstichprobe, von denen nach dem in der Untersuchung 1 beschriebenen Verfahren 35 für jede Stichprobe ausgewählt wurden. Die fünf restlichen,

vorher durch das Los bestimmten Kinder wurden als 'Ersatz' den einzelnen Stichproben zugeordnet, ihre Ergebnisse brauchten jedoch später nicht in Anspruch genommen zu werden.

Im Gegensatz zur Untersuchung 1 lief die Untersuchung 2 nicht am Ende, sondern zu Beginn des 5. Schuljahres nach dem gleichen Untersuchungsplan ab. Die Probanden hatten also zum Zeitpunkt der Untersuchung etwas länger als vier Jahre die Schule besucht. Diese Änderung des Zeitpunkts der Untersuchung (und damit der Schulbesuchszeit der Kinder) sollte zur zusätzlichen Klärung folgender Fragen beitragen:

1. Welchen Einfluß hat die kürzere Schulbesuchszeit der Kinder auf den Lernerfolg?
2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Rechenleistung der Kinder im bisherigen Unterricht und dem Lernerfolg in den geplanten Unterrichtsvorhaben?

Zur Frage 1 sei hier nochmals vermerkt, daß laut Lehrplan des Landes Hessen aus dem Jahre 1957, der zum Zeitpunkt der Untersuchung (1971) noch verbindlich war, die Schüler am Ende des 4. Schuljahres die Dezimalbrüche und das Positionssystem beherrschen sollen, den Probanden mußte somit das Strukturfeld (Positionssystem) des geplanten Themas ("Runden von Dezimalzahlen") bekannt sein. Wir wissen jedoch aus der ersten Untersuchung, daß diese Voraussetzung nur teilweise erfüllt ist.

Die zweite Frage wurde in die Untersuchung 2 aufgenommen, da die Untersuchung 1 wegen der niedrigen Probandenzahl hierauf keine Antwort liefern konnte. Dort mußten zu dem in dieser Arbeit nicht näher dargestellten Vergleich zwischen der Ausgangsrechenleistung und dem Lernerfolg die je 35 Probanden der drei Stichproben in die Ausgangsgruppen (Realschüler, Hauptschüler 5a, Hauptschüler 5b) aufgeteilt werden, da die Rechenarbeiten, an deren Ergebnissen die allgemeine Rechenleistung gemessen wurde,

von Klasse zu Klasse inhaltlich und dem Schwierigkeitsgrad nach differierten. In der Untersuchung 2 brauchten, da durch die vierwöchige Mitarbeit in der neuen Klasse - insbesondere in Anbetracht der bis dahin behandelten Themen - eine unterschiedliche Förderung nicht angenommen werden konnte, die drei Stichproben für eine Ermittlung des Zusammenhangs Ausgangsleistung - Lernerfolg nicht nach der ursprünglichen Klassenzugehörigkeit der Schüler aufgeteilt zu werden. Dadurch wurde es möglich, die drei Stichproben hinsichtlich ihres Lernerfolges und ihrer Ausgangsleistung näher zu betrachten. Zur Beurteilung der Ausgangsleistung wurden die letzten vier Zeugnisnoten sowie die Ergebnisse der Klassenarbeiten des letzten Schuljahres mit jeweils gleicher Gewichtung herangezogen. Sowohl die Zeugnisnoten als auch Klassenarbeiten stellten insofern mögliche Kriterien für die Beurteilung der Rechenleistung dar, als die Schüler im kurz zuvor abgeschlossenen vierten Schuljahr nach dem gleichen Lehrplan unterrichtet und nach den gleichen Kriterien (Klassenarbeiten) beurteilt worden waren.

Eine weitere Modifikation der Untersuchung 2 stellt die Verwendung eines veränderten "Eigenprogramms" dar. Das Eigenprogramm der Untersuchung 1 wurde durch eine gezielte Veränderung des Versuchsprogramms erreicht. Es war dort versucht worden, die durch die Analyse der Fehler der Gruppe, die mit dem TT - Programm gearbeitet hatte, offenkundig gewordene mangelnde Strukturorientierung und ungenügende Beachtung des Strukturvorfeldes zu beseitigen. Diese Modifikation hatte zu höchst signifikanten Unterschieden zwischen dem Ausgangsprogramm und dem veränderten Programm geführt. Um nun den Effekt dieser Änderungen mit denkbaren anderen vergleichen zu können, wurde das TT - Programm einem mit der Theorie des programmierten Lernens vertrauten Mathematik-Lehrer mit der Bitte vorgelegt, eine Programmänderung vorzunehmen. Dieses Ansinnen wurde mit dem nicht ausreichenden Erfolg des Programms im Vergleich zum konventionellen

Unterricht (Angaben der Lösungshäufigkeiten) begründet. Um diesem Lehrer zu ermöglichen, seine Vorstellungen, Erfahrungen und Fähigkeiten unbeeinflusst wirksam werden zu lassen, wurden ihm keine weiteren Daten (Fehlerlisten u.ä.) vorgelegt.

4.1.2.2. Darstellung der Ergebnisse

1. Vergleich der Leistung der Stichproben "TT", "EP" und "LU" in der Untersuchung 1 und Untersuchung 2

Die Stichproben 1 - 3 erzielten die in der Tabelle 16 aufgezeigten Gesamtlösungshäufigkeiten:

Tabelle 16

Zahl der Lösungen der Stichproben 1, 2 und 3
in den Untersuchungen 1 und 2

Stichprobe Unters.		Lösungen von 420	%	%-Diff. 1. Unters. - 2. Unters.
TT	1.Unters.	199	47,4	5,5
	2.Unters.	176	41,9	
EP	1.Unters.	344	81,9	37,9
	2.Unters.	185	44,0	
LU	1.Unters.	369	87,9	16,0
	2.Unters.	302	71,9	

Die Leistung der drei Stichproben der Untersuchung 2 ist jeweils niedriger als die der entsprechenden Stichproben der Untersuchung 1. Am geringsten ist die Differenz zwischen beiden Stichproben 1 (TT) und am größten zwischen den Stichproben 2 (EP).

Prüfen wir die Leistungsunterschiede zwischen den entsprechenden Stichproben der Untersuchung 1 und der Untersuchung 2 mit Hilfe des Wilcoxon-White-Tests, so erhalten wir bei den Stichproben 1 (TT - Programm) keine, bei den Stichproben 3 signifikante und bei den Stichproben 2 sehr signifikante Unterschiede (vgl. Tabelle 17):

Tabelle 17:

Vergleich der Leistungen der entsprechenden Stichproben in der Untersuchung 1 und 2 (Wilcoxon-White-Test)

Vergleich	T_1	T_{pop}	$sT_{korrr.}$	z	Bed.
$TT_1 - TT_2$	1138,5	1245,5	84,599	1,265	n.s.
$EP_1 - EP_2$	638	1245,5	83,845	7,246	s.s.
$LU_1 - LU_2$	1043	1245,5	84,122	2,407	s.

Versucht man dieses Ergebnis bereits an dieser Stelle zu interpretieren, so muß wegen der sonst gleichen Ausgangsposition (gleicher Lehrplan, gleiche Schule, nicht signifikante Leistungsunterschiede im BTS, nicht signifikante Unterschiede in den Ausgangsrechenleistungen) die Differenz zwischen den Stichproben LU_1 und LU_2 auf die unterschiedliche Bewältigung des Strukturvorfeldes zurückgeführt werden. Die hier nicht näher darstellbare Fehleranalyse der Untersuchung 2 bestätigt diese Vermutung. Die sehr signifikanten Differenzen zwischen EP_1 und EP_2 sind zusätzlich durch Unterschiede beider Programme zu erklären.

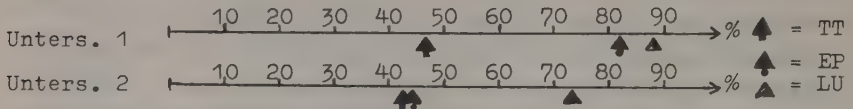
Unsere oben formulierte Zusatzfrage 1 muß also wie folgt beantwortet werden: die unterschiedliche Beschulungszeit hat bei den vergleichbaren Gruppen TT_1 und TT_2 beziehungsweise LU_1 und LU_2 unterschiedliche Bedeutung; bei den Gruppen LU, bei denen das Strukturvorfeld besser in den Unterricht einbezogen wird, wirkt sich die unterschiedliche Beschulungszeit stärker aus als bei den Gruppen TT, deren Programm das Strukturvorfeld (Positionssystem) unzureichend beachtet.

Kehren wir jedoch, bevor wir auf die Zusatzfrage 2 eingehen, zunächst zu dem zentralen Anliegen unserer Untersuchung zurück, das in der Überprüfung der Effektivität unterschiedlicher Unterrichtsverfahren bestand.

Aus obiger Tabelle ist abzulesen, daß in der Untersuchung 2 die gleiche Leistungsrengfolge der Verfahren besteht wie in der Untersuchung 1, die Leistungsdifferenz zwischen der Versuchsgruppe 2 (TT - Programm) und der Kontrollgruppe 2 (Lehrerunterricht) ist nur wenig geringer; die Kontrollgruppe 1 liegt jetzt wesentlich näher an der Versuchsgruppe als an der Kontrollgruppe 2 (vgl. Abb. 6).

Abbildung 6

Lösungen (in %) der Stichproben TT, EP und LU
in den Untersuchungen 1 und 2



Hatten in der Untersuchung 1 jeweils sehr bedeutsame Unterschiede zwischen der Versuchs- und den beiden Kontrollgruppen bestanden, so muß in der Untersuchung 2 eine bedeutsame Differenz zwischen den Stichproben EP und LU festgestellt werden ($z = 3,662$, Wilcoxon-White-Test). Zwischen der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe 1 bestehen hier jedoch nur zufällige Differenzen. Demgegenüber erweist sich hier die Differenz zwischen den beiden Kontrollgruppen als überzufällig. Der relative Leistungsstand der Gruppe EP in der Untersuchung 2 im Vergleich zu dem in der Untersuchung 1 sowie die signifikante Differenz zwischen dem EP und dem LU in der Untersuchung 2 lassen die Aussage zu, daß sowohl die Fehleranalyse als auch die Strukturierung den Erfolg des Eigenprogramms in der Untersuchung 1 bedingt haben.

2. Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der Rechenleistung und dem Lernerfolg

Zwischen der allgemeinen Rechenleistung (repräsentiert durch die Zeugnisnoten der letzten beiden Schuljahre, die Klassenarbeiten im vierten Schuljahr und das zusätzliche Lehrerurteil und dem Lernerfolg bestehen folgende Korre-

lationen (nach SPEARMAN):

Stichpr.	N	R	Z	Bed.
TT ₂	35	0,27	1,57	n.s.
LU ₂	35	0,45	2,62	s.s.

Für die Stichprobe TT läßt sich ein $R = 0,27$, für die Stichprobe LU ein $R = 0,45$ ermitteln. Der erste Wert liegt bei der vorliegenden Stichprobengröße im Zufallsbereich, der zweite weicht sehr bedeutsam von $R = 0,0$ ab. Die Ausgangsrechenleistung und der Lernerfolg stimmen in der Stichprobe "LU₂" höher überein als bei der Stichprobe "TT₂".¹⁾

Um diesen Tatbestand interpretieren zu können, soll im folgenden der Zusammenhang zwischen der Rechenleistung und dem Lernerfolg noch etwas genauer überprüft werden.

3. Der Lernerfolg der Schüler unterschiedlicher Ausgangsrechenleistung

Wie oben dargestellt wurde, ist im Hinblick auf das Gesamtanliegen der Arbeit von besonderem Interesse, wie die unterschiedlichen Lehrmethoden leistungsschwächere Kinder im Vergleich zu leistungsstärkeren Kindern ansprechen. Zu diesem Zweck wurden die Stichproben 1 und 3 so aufgeteilt, daß jeweils die 17 (18 Probanden) mit den besten Rechennoten - Mittelwerten den Stichproben LU+ und TT+, die übrigen 18 (17) Kinder den Stichproben LU- und TT- zugeordnet sind. Wie die Tabelle 18 zeigt, entsprechen sich die Notenmittelwerte der Stichprobe TT+ und LU+ weitgehend (Differenz 0,19), die der Stichproben TT- und LU- fast völlig (Differenz 0,05 Noteinheiten).

¹⁾ Da sich das Eigenprogramm der Untersuchung 2 von dem der Untersuchung 1 unterschied, lassen wir die Ergebnisse der Stichprobe EP 2 in den weiteren Ausführungen außer Betracht.

Tabelle 18:

Notenmittelwerte und Leistungsmittelwerte der Stichproben TT+, LU+, TT- und LU-

Gruppe	TT			LU		
	N	$\bar{X}$ -Noten	$\bar{X}$ Lern- erfolg	N	$\bar{X}$ -Noten	$\bar{X}$ Lern- erfolg
bessere RL	18	2,75	5,06	17	2,56	9,53
schwäch.RL	17	3,96	5,00	18	4,01	6,50
gesamt	35	3,34	5,03	35	3,31	7,97

Der Wilcoxon-White-Test bestätigt die Hypothese nicht bestehender Unterschiede in der allgemeinen Rechenleistung zwischen den Gruppen TT+ und LU+ ($z = 1,881$), TT- und LU- ($z = 0,584$) sowie zwischen TT - Gesamt und LU - Gesamt ($z = 0,236$).

Ein anderes Bild ergibt sich beim Vergleich des Lernerfolgs. Hier besteht zwischen den beiden leistungsstarken Stichproben eine Differenz von 88,3 Prozent (100 Prozent = Leistung der Stichprobe TT), zwischen den leistungsschwächeren eine solche von 30 Prozent. Wie aus der Tabelle 19 ablesbar ist, läßt der Wilcoxon - White - Test die Leistungsunterschiede zwischen den beiden Gruppen TT+ und LU+ sowie für die Gesamtgruppen TT und LU als sehr bedeutsam bezeichnen. Als nicht unterschiedlich erweisen sich dagegen die Differenzen zwischen TT- und LU-. Es kann somit gesagt werden, daß der strukturorientierte Lehrerunterricht die leistungsstärkeren Schüler besser gefördert hat als die leistungsschwächeren, was auch durch die signifikante Differenz zwischen LU+ und LU- bestätigt wird.

Tabelle 19:

Vergleich des Programmerfolges von Gruppen gleicher Ausgangsrechenleistung, Ergebnisse des Wilcoxon-White-Tests

Vergleich	$T_{(LU^1)}$	T_{pop}	$s_{korr.}$	z	Bed.
TT+ : LU+	193,5	306	30,140	3,733	s.s.
TT- : LU-	282	324	30,160	1,393	-
TT : LU	940,5	1242,5	84,798	3,561	s.s.
TT+ : LU-	296	333	31,474	1,176	-
TT+ : TT-	318,5	324	30,086	0,183	-
LU+ : LU-	232	306	30,039	2,463	s.

Beachtenswert ist weiterhin der Tatbestand eines numerisch besseren Ergebnisses der Stichprobe LU- gegenüber der Stichprobe TT+. Dieser Unterschied erweist sich jedoch auch in der Untersuchung 2 als nicht bedeutsam (vgl. Tabelle 19).

4.1.2.3. Zusammenfassung

Die vergleichende Untersuchung dreier verschiedener Unterrichtsmethoden wurde an drei homogenen Stichproben wiederholt. Die Probanden wiesen jedoch im Gegensatz zu Untersuchung 1 nur eine Schulbesuchszeit von vier Jahren und einem Monat auf (1. Untersuchung: vier Jahre, zehn Monate). Weiterhin war bei der Stichprobe 2 ein modifiziertes Programm eingesetzt worden.

Es wurden folgende wesentliche Ergebnisse erzielt:

1. Die mit dem TT-Programm unterrichteten Schüler weisen ebenso wie in der Untersuchung 1 einen wesentlich geringeren Leistungsstand auf als die durch den struktorientierten Lehrerunterricht geförderten Schüler. Der Unterschied ist sehr bedeutsam.

2. Die mit dem "Eigenprogramm 2" unterrichteten Schüler weisen im Gegensatz zu den nach dem "strukturorientierten Eigenprogramm 1" unterwiesenen Probanden keinen Unterschied gegenüber den nach dem TT - Programm unterrichteten Schülern auf. Es bestehen nun jedoch signifikante Differenzen zur Kontrollgruppe 2 (strukturorientierter Lehrerunterricht).
3. Die Lernerfolge der in der Untersuchung 2 unterrichteten jüngeren Schüler sind geringer als die der in den entsprechenden Gruppen der Untersuchung 1 unterwiesenen älteren Probanden. Während die Differenzen zwischen den TT - Gruppen nicht bedeutsam sind, weisen die zwischen den LU - Stichproben überzufällige Unterschiede auf.
4. Teilt man die beiden Stichproben TT und LU nach ihrer Leistung im bisherigen Rechenunterricht in je zwei Gruppen ein, so ist der Lernerfolg der TT - Gruppe mit besserer Ausgangsleistung nur geringfügig höher als der der TT - Gruppe mit schwächerer Ausgangsleistung. Zwischen den beiden durch einen Lehrer unterrichteten Gruppen LU+ und LU- bestehen dagegen signifikante Leistungsunterschiede. Die Leistung der Gruppe LU- ist numerisch höher als die der Gruppe TT+.
5. Bei einem Vergleich der Gruppen mit höherer, beziehungsweise schwächerer Ausgangsrechenleistung untereinander läßt sich zwischen TT+ und LU+ die sehr signifikante Differenz von 88,3 und zwischen TT- und LU- der nicht bedeutsame Unterschied von 30 Prozent jeweils zugunsten der LU - Stichproben ermitteln.
6. Zwischen der Ausgangsrechenleistung und dem Lernerfolg läßt sich bei der TT - Stichprobe ein Rangkorrelationskoeffizient von $R = 0,27$ (n.s.) und für die LU-Stichprobe ein solcher von $R = 0,45$ (s.) errechnen.

4.1.2.4. Interpretation

Die Untersuchung des Lernerfolgs dreier parallelisierter Stichproben, die nach einem erprobten Lernprogramm, nach einem strukturorientierten Eigenprogramm und nach einem strukturorientierten Lehrerunterricht in das Runden von Dezimalbrüchen eingeführt wurden, ergab einen eindeutig besseren Lernerfolg der "konventionell" unterrichteten Gruppe gegenüber der Gruppe, die nach dem Versuchsprogramm lernte. Die in der ersten Untersuchung ermittelte sehr bedeutsame Differenz zwischen der Effektivität beider Verfahren, wurde durch eine Kontrolluntersuchung bestätigt. Wenn wir dieses Ergebnis im Zusammenhang mit den bisherigen Untersuchungsergebnissen sehen, die dem programmierten Unterricht häufig eine Überlegenheit, zumindest jedoch eine Gleichwertigkeit hinsichtlich der Effizienz gegenüber dem Unterricht durch den Lehrer bestätigen, wenn wir weiterhin in Betracht ziehen, daß das ausgewählte TT - Programm wohl eines der erprobtesten Programme darstellt und somit im Vergleich zum konventionellen Unterricht wohl kaum ungünstiger abgeschnitten hätte als die durch oben genannte Untersuchungen überprüften Programme, so können wir folgende Aussage treffen: heutige Unterrichtsverfahren stellen auf Grund der mangelnden Strukturorientiertheit keine optimale Hilfe für den Schüler dar, Schulerfolg und Schulversagen der Schüler sind auch durch den geringen Entwicklungsstand der Unterrichtsverfahren bedingt.

Die vorliegende Untersuchung zeigt deutlich auf, daß Entscheidungen über die Konstruktion und den Einsatz bestimmter Verfahren nicht intuitiv, sondern nur auf der Grundlage empirischer Forschung zu treffen sind. Hierbei reicht es wiederum nicht aus, lediglich quantitative Differenzen hinsichtlich der Effizienz verschiedener Verfahren festzustellen, da diese Maßnahme keinerlei Hinweise auf die Möglichkeit einer weiteren Verbesserung des als effizienter ermittelten Verfahrens liefert und somit notwendig statischen Charakter hat. Hierin sehen wir auch

den wesentlichsten Punkt der Kritik an bisherigen vergleichenden Untersuchungen zur Effektivität verschiedener Unterrichtsverfahren, der im wesentlichen auch alle oben zitierten Untersuchungen trifft. Solange es gelingt, durch solche einfachen Maßnahmen wie die von uns praktizierte Fehleranalyse - und darauf aufbauend durch eine bessere Strukturorientierung-eine weit überzufällige Erhöhung der Effizienz der Verfahren zu erlangen, scheint die Diskussion um die Überlegenheit dieses oder jenes Verfahrens müßig zu sein.

Welche Bedeutung der Fehleranalyse und der Strukturorientierung des Unterrichts zukommt, zeigt sich nicht nur in der Überlegenheit des Eigenprogramms 1 gegenüber dem Versuchsprogramm, sondern vor allem im Vergleich der Effizienz dieses Eigenprogramms 1 zur Effizienz des Eigenprogramms 2. Während bei der Gestaltung des Eigenprogramms 1 eine Fehleranalyse die Grundlage bildete, war das Eigenprogramm 2 lediglich auf der Kenntnis geringerer Effektivität des TT - Programms gegenüber dem Lehrerunterricht unter Einbeziehung der in der Unterrichtspraxis gewonnenen persönlichen Erfahrung erstellt worden. Das Eigenprogramm 1 war von gleicher Wirksamkeit wie der strukturorientierte Lehrerunterricht, das Eigenprogramm 2 unterschied sich von dem strukturorientierten Lehrerunterricht dagegen sehr bedeutsam und wies nur ein unbedeutsam besseres Resultat gegenüber dem TT - Programm auf.

Die Forderung nach einer besseren Strukturorientierung des Unterrichts wird weiterhin durch ein - zunächst unbeabsichtigtes - Nebenergebnis der Untersuchung gestützt. Die Fehleranalyse hat deutlich gezeigt, daß das Nichterreichen des Lernziels bei der Mehrzahl der Kinder der Versuchsgruppe wesentlich durch die mangelnde Kenntnis der Struktur des Positionssystems mitbedingt ist. Wenn Schüler einen Inhalt bewältigen sollen, der die Kenntnis (knowledge) beziehungsweise Bewältigung (comprehension) anderer Inhalte voraussetzt, so kann

beim Fehlen dieser Lernvoraussetzungen selbst bei den ausgeklügeltesten Unterrichtsverfahren nicht mit einem optimalen Lernerfolg gerechnet werden. Die Strukturvorfeldanalyse und damit die Feststellung der objektiven (Welcher Inhalt muß dem zu behandelnden Inhalt notwendig vorausgehen?) und subjektiven (Ist dieser Inhalt oder die an ihm zu gewinnende Einsicht vom Schüler bewältigt worden?) Voraussetzungen gehören ebenso notwendig zu einer optimalen Organisation von Lernprozessen wie die Analyse der Inhalte selbst. Dieser hier am Beispiel des Rundens offenbar werdende Zusammenhang zwischen dem Ausgangsplateau und dem Lernfortschritt wird durch die Befunde der im folgenden darzustellenden Untersuchung 2 bestätigt. Bei Nichtbeachtung dieses Zusammenhangs wird der Schüler notwendig in einem *circulus vitiosus* gedrängt, der sich für seine weitere Entwicklung verheerend auswirken muß, wie unser untersuchtes Beispiel zeigt.

Unzureichende Verfahren führen beim Fehlen einer geeigneten Kontrolle des Lernerfolgs (Fehleranalyse) bei vielen Schülern zur unzureichenden Bewältigung des Lernziels "Kenntnis des Aufbaus des Positionssystems" (4. Schuljahr). Das Runden von Dezimalbrüchen als ein Inhalt des 5. Schuljahres kann von diesen Schülern nicht bewältigt werden, weil die dafür erforderlichen Voraussetzungen (Kenntnis des Positionssystems) fehlen. Die Inhalte, die wiederum das Runden von Dezimalbrüchen voraussetzen (Überschlagsrechnungen, Division mit mehrstelligem Divisor und andere) können ebenfalls vom Schüler nicht bewältigt werden, es sei denn, daß bestimmte Verfahren mechanisch auswendig gelernt werden. So wird der Schüler in eine Position gedrängt, die zumeist als durch ihn verschuldet angesehen wird, in Wirklichkeit aber durch die Schule verursacht ist.

In diesem Zusammenhang ist zur gegenwärtigen Praxis der Sonderschule zu vermerken, daß die häufig gestellte Frage, ob mathematische Inhalte unbedingt in ihrer Struktur erfaßt werden sollten oder nicht, zumindest für das

Beispiel des Positionssystems positiv beantwortet werden muß, da sonst verschiedene, auf die Kenntnis dieses Inhalts aufbauende Operationen nicht bewältigt werden können. Außerdem würde den Kindern, die durch ineffektive Methoden der Schule (mangelnde Beachtung der Lernvoraussetzungen, mangelnde Strukturorientierung) zum Schulversager wurden, jede Chance auf eine Nachförderung genommen.

Neben diesen hier diskutierten wesentlichen Ergebnissen liefert die Untersuchung eine Reihe weiterer Teilergebnisse, auf die wir hier kurz eingehen wollen.

Wir interpretieren die bessere Leistung der Stichproben der Untersuchung 1 als durch den ein knappes Jahr längeren Schulbesuch und damit durch eine bessere Bewältigung des Strukturvorfeldes bedingt. Dies bedeutet jedoch wiederum, daß die Schüler der Untersuchung 1 im Verlaufe des 5. Schuljahres den Zielen, die laut Lehrplan zum Abschluß des 4. Schuljahres erreicht sein sollten, geringfügig näher gekommen sind. Man kann diesen Tatbestand auch anders formulieren: den Schülern gelingt es, die Hypothek der Nichtbewältigung des "Positionssystems" in der Grundschule in der Hauptschule schritt- und teilweise abzubauen. Trotz der nur geringen Annäherung an das gewünschte Endverhalten (ablesbar an der Differenz der beiden TT - Stichproben) reicht für diese Schüler in dieser Situation eine nur 45-minütige strukturorientierte Unterweisung aus, um einen entscheidenden Lernfortschritt zu erzielen. Auch hierin wird sichtbar, daß solche Minderleistungen des Schülers nicht durch ihn selbst, sondern wesentlich durch inadäquate, unsaubere didaktische und methodische Entscheidungen bedingt sind.

Durch die Minderleistungen im Strukturvorfeld sind auch die nicht signifikanten Differenzen zwischen beiden TT - Stichproben und die signifikanten Differenzen zwischen den beiden LU - Stichproben in der Untersuchungen 1 und 2 erklärbar. Während die TT - Stichprobe der Untersuchung 1 (ältere Probanden) bei der nachträglichen Erarbeitung

des Positionssystems auf zufällige Erkenntnis angewiesen waren und damit nur einen geringfügigen Vorsprung gegenüber der TT - Stichprobe der Untersuchung 2 erwarben, konnten die Probanden der LU - Stichproben eine zusätzliche, gezielte einstündige Unterweisung erhalten. Diese wirkte sich aufgrund beziehungsweise trotz der geringfügig unterschiedlichen Ausgangsposition unterschiedlich aus. Es kann vermutet werden, daß diese Förderung auf das Ausgangsplateau der älteren Probanden besser abgestimmt war als auf das der jüngeren.

In gleicher Weise lassen sich auch die unterschiedlichen Differenzen zwischen den leistungsschwächeren und leistungstärkeren Schülern bei der TT - Stichprobe und der LU - Stichprobe der Untersuchung 2 erklären. Die bei der TT - Stichprobe für beide Leistungsgruppen bestehenden Minderleistungen im Bereich des Strukturvorfeldes lassen bei beiden Gruppen einen ausreichenden Lernerfolg nicht zu, so daß nur wenig Chancen bestehen, einen der allgemeinen Leistung entsprechenden Lernerfolg zu erzielen. Bei den LU - Stichproben dagegen machte sich die zusätzliche Förderung durch eine bedeutende Anhebung des Lernerfolgs beider Leistungsgruppen bemerkbar. Aufgrund der geringfügig besseren Ausgangsposition und der vermutlich besseren Abstimmung der Zusatzförderung auf diese Voraussetzungen kann die Gruppe der leistungstärkeren Schüler jedoch einen noch größeren Lernerfolg erzielen als die der leistungsschwächeren.

Die zwischen der Ausgangsrechenleistung und dem Lernerfolg ermittelten Rangkorrelationskoeffizienten von $R = 0,27$ (Versuchsgruppe) und $R = 0,45$ (Kontrollgruppe 2) bedürfen sowohl hinsichtlich der Größe als auch hinsichtlich des bestehenden Unterschiedes einer Erläuterung. Die Koeffizienten erreichen trotz der Beachtung der Tatsache, daß die bei der Erfolgskontrolle erzielten Werte zwischen 0 und 12 streuen und die hierdurch notwendig werdenden Rangplatzteilungen die Höhe des Koeffizienten vermutlich negativ beeinflussen, nicht die Werte, die bei vordergründiger Betrachtung erwartet werden müßten. Bei den zur

Verfügung stehenden Ergebnissen und Auswertungsmethoden kann keine gesicherte Erklärung für diesen unerwartet niedrigen Zusammenhang gegeben werden.

Für die unterschiedliche Höhe des Zusammenhangs bei der TT- und LU-Stichprobe sehen wir jedoch folgende Ursachen: Die Fehleranalyse hat gezeigt, daß die Kontrollitems etwas anderes prüfen als das Programm zu vermitteln vermochte. Des weiteren entspricht die hier geforderte (strukturorientierte) Leistung nicht den Vorerfahrungen der Schüler. Dies trifft für die hinsichtlich des Strukturvorfeldes ungeförderte TT - Stichprobe notwendig stärker zu als für die LU - Stichprobe. Der Zusammenhang zwischen Ausgangsleistung und Lernerfolg muß somit notwendig bei der strukturorientiert unterrichteten Gruppe größer sein.

4.1.2.5. Gesamtbeurteilung des Ergebnisses

Die vorliegende Untersuchung konnte nachweisen, daß ein als sehr effizient angesehenes Unterrichtsverfahren hinsichtlich seiner Wirksamkeit wesentlich gesteigert werden kann, wenn Fehleranalysen durchgeführt und die daraus erkennbaren Insuffizienzen des Verfahrens (im vorliegenden Falle mangelnde Strukturorientiertheit) gezielter beseitigt werden können. Aufgrund des offenkundig gewordenen, nicht ausreichenden Entwicklungsstandes gegenwärtiger Verfahren scheint es müßig, rein quantifizierende vergleichende Untersuchungen etwa zwischen dem programmierten und dem konventionellen Unterricht durchzuführen. Auf keinen Fall können zum jetzigen Zeitpunkt Aussagen darüber gemacht werden, welches Verfahren bei welcher Gruppe eine größere Chance zum Erfolg gewährleistet. KLAUERS Feststellung, die hier stellvertretend für andere zitiert sei, kann somit nur hypothetischen Charakter tragen: "Trotz und im Rahmen ihrer Behinderung können Sonderschüler durch geeignete Bildungsprogramme ein höheres Maß an Bildung erwerben. Die Leistungssteigerung durch gute Programme führt - direkt und indirekt - zu einer Steigerung der Leistungsmotivation, einer Verbesserung der Arbeitshaltungen, einer Festigung des Selbstgefühls und damit zu einer Erhöhung der sozialen Tüchtigkeit." (KLAUER 1964, S. 70/71). Solange gegenwärtige Unterrichtsverfahren in einem solchen Maße hinsichtlich der Effizienz überschätzt werden, solange kann nicht erwartet werden, daß mit Nachdruck an einer Verbesserung und empirischen Fundierung gegenwärtiger Unterrichtspraxis gearbeitet wird. Schulversagen aufgrund des Versagens der Schule wird damit weiterhin ein nicht seltenes Phänomen sein.

4.2. Untersuchungen zur Abhängigkeit des Lernerfolges der Schüler von der Beachtung der Lernvoraussetzungen

4.2.1. Untersuchungen zur Mengeninvarianz von nach gegenwärtigen Konzepten unterrichteten lernbehinderten Sonderschülern

- Überprüfung der Hypothese 2 -

1. Vorüberlegungen

In den obigen Überlegungen haben wir auf die Bedeutung der Umwelt für die Entwicklung der intellektuellen Leistungsfähigkeit hingewiesen und dabei erkennen müssen, daß Kinder unter anderem auch durch die unterschiedliche Förderung im Elternhaus beim Schuleintritt unterschiedliche Leistungen in verschiedenen Fähigkeitsbereichen aufweisen können. Dieser Tatbestand ist in zahlreichen Beiträgen beschrieben und durch zahlreiche Untersuchungen belegt worden¹⁾. Die Schule nun, in der diese Schüler gefördert werden sollen, ist aufgrund der ihr bisher zugeschriebenen Aufgaben der Vermittlung des Kulturguts²⁾ notwendig primär inhaltsorientiert: bestimmte Themen oder Inhalte werden bestimmten Schuljahren und Schulstufen zugeordnet und hinsichtlich ihrer Zugänglichkeit am Leistungsdurchschnitt der Schüler gemessen. So ist das Erlernen des Lesens und Schreibens Aufgabe der ersten beiden Schuljahre, und im Mathematik-Unterricht sollen laut Lehrplan in diesem Zeitraum Operationen im Zahlbereich bis 100 ("Zweistellige Zahlen addieren und subtrahieren können", RAHMENRICHTLINIEN des Landes HESSEN, Primarstufe, S. 23) ausgeführt werden

¹⁾ vgl. hierzu vor allem ROTH (1965, 1968)

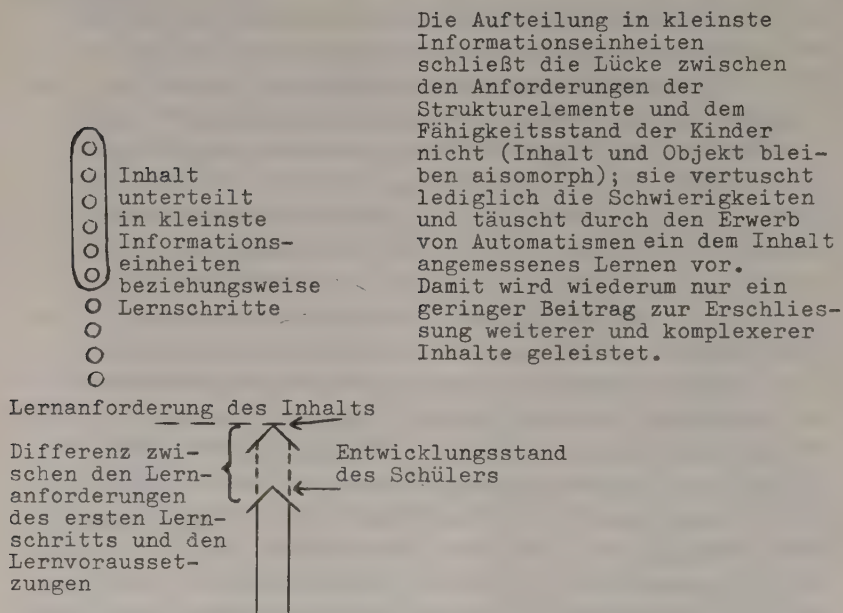
²⁾ Die in bildungstheoretischen Ansätzen der Didaktik häufig zitierte These vom "Primat der Didaktik" scheint in den unter der Formel "Curriculumrevision" laufenden neueren Bestrebungen nun doch wieder zunehmend an Bedeutung zu gewinnen.

können. Dieses Ausgehen von festen Inhalten und die Orientierung am Leistungsdurchschnitt bedingen so lange keine Lernschwierigkeiten, als die ausgewählten Inhalte Lernvoraussetzungen beanspruchen, die auch von in der Vorschulzeit mindergeförderten Kindern erbracht werden können. In dem Augenblick jedoch, wo dies nicht zutrifft, ist notwendig ein Leistungsversagen, eine Lernschwierigkeit, Lernstörung oder Lernbehinderung die Folge. Allein diese Begriffe machen deutlich, daß die Ursache des gestörten Ablaufs akkommodativer beziehungsweise assimilativer Prozesse zwischen Subjekt und Objekt auf Seiten des Erstgenannten gesucht und scheinbar gefunden wird. Die verschiedenen didaktischen Ansätze der Schule für Lernbehinderte liefern hierfür in ihren breit gefächerten methodischen und didaktischen Maßnahmen als "Komplement" (KLEIN, S. 9) für die verschiedenen Behinderungsformen ein gutes Beispiel. Im Gegensatz zu der Erkenntnis der Bedeutung der Umwelt für die intellektuelle Entwicklung des Kindes setzt sich nur schwer die Einsicht durch, daß eine Schule, die Chancengleichheit im Bereich der Bildung erreichen will - wir gehen hier nicht von der Annahme aus, diese sei nur durch Reformen im schulischen Bereich möglich - nicht allein vom Inhalt (Primat der Didaktik im engeren Sinne) ausgehen darf. Sie muß sich notwendig zugleich auch die Frage nach den Lernvoraussetzungen des Schülers stellen, welche allerdings wiederum nur inhaltlich festgestellt und überprüft werden können ¹⁾. Dies bedeutet, daß in der gegenwärtigen didaktischen Situation nach einer Festlegung eines allgemeinen Richtziels notwendig die Analyse sowohl der Erkenntniselemente dieses Inhalts als auch der durch die Elemente bestimmten Lernvoraussetzungen erfolgen muß. Auf unser Beispiel des Anfangsunterrichts übertragen bedeutet dies: es kann und darf nicht Aufgabe der Schule

¹⁾ Es sei hierzu auf die eingehenderen Überlegungen auf Seite 132 hingewiesen.

sein, zum Beispiel das Lesen beim Vorliegen sogenannter Lernstörungen dadurch zu vermitteln, daß der inhaltliche Gesamtkomplex in kleinste Lernschritte unterteilt und in geringen Informationsdosen dargeboten wird, vielmehr muß dem Schüler an bestimmten - teilweise äußerlich scheinbar inhaltsfremden - Elementen die Möglichkeit zur Erlangung der Lernvoraussetzungen gegeben werden (siehe Abbildung 7).

Abbildung 7



Ein vor den eigentlichen Lernprozeß vorgeschaltete Lernphase muß die Annäherung der subjektiven Gegebenheiten an die objektiven Anforderungen ermöglichen.

Diese eventuell inhaltsfremden - jedoch strukturnahen - Elemente ermöglichen erst den intendierten Lernprozeß, weil an ihnen die dafür grundlegenden Fähigkeiten entwickelt und Erkenntniselemente erworben werden. Wir sprechen hier von Aufbauelementen des Strukturvorfeldes und haben einen ersten Ausschnitt einer Strukturfolge vor uns ¹⁾.

Aufgrund der Kenntnis der in der Praxis durch primäre - häufig sogar alleinige - Orientierung am Inhalt nicht geschlossenen Kluft zwischen objektiver Lernanforderung und subjektiver Lernvoraussetzung (isomorphe Lernrelation) wird hier die Auffassung vertreten, daß viele der Schüler von Beginn ihrer Schulzeit an mit für sie nicht zu bewältigenden Inhalten konfrontiert und somit neben anderen sozialen Bedingungen durch inadäquate didaktische Entscheidungen zum Schulversagen verurteilt werden. Gerade jene zweite Komponente wird bei der Erörterung der Bedeutung der Umwelt für die intellektuelle Entwicklung der Kinder häufig nicht berücksichtigt.

Die eben grob aufgezeigten Fakten lassen sich auch im Bereich des Mathematik-Unterrichts der Schule für Lernbehinderte entdecken. Auch hier wird zum Beispiel die Zahl und das Operieren mit Zahlen sehr früh in den Mittelpunkt gestellt, wenn auch seit WITTMANN in sogenannten praenumerischen Kursen der Zahlbegriff und die Zahloperation vorbereitet werden sollen und in neueren didaktischen Ansätzen wiederholt auf die hierfür erforderlichen Fähigkeiten hingewiesen wird. In der folgenden Untersuchung soll am Beispiel der Anzahlinvarianz als e i n e r Voraussetzung des Erwerbs des Zahlbegriffs ²⁾

¹⁾ Beim vollständigen Vorliegen einer Strukturfolge ändert sich notwendig die didaktische Ausgangsposition, Differenzen zwischen subjektiven Gegebenheiten und objektiven Anforderungen hier dargestellten Ausmaßes sind dann wegen der ständigen Kontrolle durch die Strukturfeld- und Strukturvorfeldanalyse nicht möglich.

²⁾ Die Invarianz der Anzahl stellt neben der Klasseninklusion und der Seriation nach PIAGET eine der Grundbedingungen des Erwerbs des Zahlbegriffs dar.

überprüft werden, ob die intensive Diskussion der letzten Jahrzehnte und die damit verbundene intensive Analyse des Zahlbegriffs und seiner Bedeutung für die Entwicklung der mathematischen Leistung zur Beachtung seiner Lernvoraussetzungen geführt hat.

Es darf in Anbetracht der einheitlichen Forderung nach einer pränumerischen Trainingsphase zur Grundlegung des Zahlbegriffs und der Zahloperation einerseits und der zumindest von den Verfechtern der Theorie operativer Denkentwicklung wiederholt aufgezeigten Bedeutung mengeninvarianten Verhaltens für den Zahlbegriff andererseits angenommen werden, daß die Grundlegung des Zahlbegriffes umfassend erfolgt und Operationen mit Zahlen erst ausgeführt werden, wenn die Zahlbegriffe selbst vorhanden sind.

In diesem Sinne muß somit folgende Arbeitshypothese vertreten werden: bei einer Überprüfung des invarianten Verhaltens weisen alle d i e Kinder Mengenkonzanz auf, denen in der Schule das Operieren mit Zahlen zugemutet wird.

Da jedoch bei Erörterung des Problems "Rechenunterricht in der Schule für Lernbehinderte" auch die Überzeugung auftaucht, daß Sonderschüler aufgrund ihrer reduzierten Fähigkeiten nicht in der Lage seien, Zahlbegriffe zu erwerben, ihnen aber dennoch der Umgang mit Zahlen - soweit dies die einfachen Verhältnisse erfordern - ermöglicht werden sollte, müssen wir die Hypothese erweitern:

Im Falle der Feststellung varianten Verhaltens bei genannten Schülern muß aufgrund der geminderten Gesamtleistung die generelle Unfähigkeit zur Erhaltung der Menge und somit zum Erwerb von Zahlbegriffen angenommen werden. Ein automatisierter Umgang mit "Zahlen" ist daher begrenzt vertretbar.

Die Hypothese, die ein stringentes Bedingungsgefüge zwischen den Lernvoraussetzungen und dem Lerninhalt annimmt und anerkennt, ist jedoch nur dann verifizierbar,

wenn der Versuch des Trainings invarianten Verhaltens keine Erfolge zeigt.

Dieser im Sinne gegenwärtiger didaktischer Konzepte formulierten These müssen jedoch aufgrund der von uns in der Praxis gewonnenen Erfahrungen die oben formulierten Hypothesen 2, 2.1. und 2.2. gleichsam als Antithesen gegenübergestellt werden.

Sie sollen im folgenden näher überprüft werden.

4.2.1.2. Zum Problem des mengeninvarianten Verhaltens und seiner Bedeutung für die Zahlbegriffsgewinnung

1. Anmerkungen zum "Zahlbegriff"

Es ist eine "anerkannte Aufgabe" des ersten Rechenunterrichts "den Zahlbegriff im Kinde zu entwickeln" (FRICKE, IIc3, S. 32). "Nur wenn das Kind versteht, daß Zahlen Invarianten sind, kann es Operationen verstehen, die mit ihnen ausgeführt werden" (CHURCHILL 1973, S.167).

Die Bedeutung des mengeninvarianten ¹⁾ Verhaltens für die Gewinnung des Zahlbegriffs setzt sowohl eine eindeutige Definition der Zahl als auch eine exakte Beschreibung des Begriffs Mengeninvarianz voraus.

Die Erfüllung der ersten Voraussetzung ist jedoch trotz einer Vielzahl theoretischer Erörterungen in der Literatur nur schwer möglich, da wegen der Vielschichtigkeit des Phänomens einheitliche Definitionen nicht vorgefunden werden können (FRICKE 1970, S.32).

Philosophisch-ontologische, psychologisch-genetische und mathematisch-axiomatische beziehungsweise mathematisch-logische Betrachtungsweisen führen notwendig zu unterschiedlichen, teilweise sich ergänzenden, aber auch sich widersprechenden Aussagen (vgl. FRICKE 1970, S.32).

¹⁾ Wir verwenden hier den Begriff der Mengeninvarianz im Sinne der Anzahleninvarianz (vgl. PIAGET 1967, SEILER 1968). Der Begriff der Anzahleninvarianz wird nicht übernommen, da die jeweilige Anzahl zwar das Verhalten bestimmter Probanden beeinflusst, für die eigentliche Invarianz als Zeichen reversiblen Denkens jedoch bedeutungslos ist.

Diese werden zudem noch durch widersprüchliche Auffassungen innerhalb der verschiedenen Betrachtungsweisen verstärkt. Man denke hierbei nur an die Diskussion um die "apriorische beziehungsweise aposterische Existenz" (FRICKE 1970 , S. 32) der Zahl oder an die durch PIAGET in ein neues Licht gerückte Betrachtung der Zahlbegriffsentwicklung, die insgesamt Beachtung gefunden, in verschiedenen Grundpositionen jedoch nicht unumstritten ist (vgl. SEILER 1968, S.140 , MAIER 1970,S. 40). Besonders die aus seinen Befunden zu ziehenden didaktischen Folgerungen haben zu eingehenderen Auseinandersetzungen geführt.

Erschwert wird die Diskussion um den Zahlbegriff wohl auch durch die unterschiedliche Funktion der Zahl wie sie durch die Kardinalzahl, Ordinalzahl (und eventuell den "Operator-Aspekt", vgl. E. WITTMANN¹⁾) dokumentiert wird.

Selbst diese Reduktion des Zahlbegriffs auf den ordinalen und kardinalen Aspekt - phänomenologisch zwar anerkannt - wird nicht von allen Didaktikern als didaktisch relevant angesehen. Stellvertretend sei hier BRYANT (vgl. 1974, S. 122/123) genannt, der aufgrund seiner Überlegungen und Untersuchungen der Zahlbegriffsentwicklung ebenso wie PIAGET den Zahlbegriff als Beziehungsbegriff auf faßt, "als operatorische Synthese logischer Operationen, nämlich der Operation der Klassifizierung und der Reihenbildung" (JAHNKE 1975, S. 13). Diese Auffassung wird von FRICKE und BESUDEN im "operativen Rechnen" didaktisch umgesetzt.

Neben diesem Ansatz kann in der Mehrzahl der übrigen in der BRD praktizierten neueren Ansätze durchgehend die Erarbeitung des kardinalen Aspekts der Zahl als Ausgangspunkt der Erarbeitung eines komplexeren Zahlbegriffs beobachtet werden ²⁾.

-
- 1) E. WITTMANN: Die Komplexität des Zahlbegriffs. In: Die Grundschole, 1972, H.2, S. 106 - 111
 - 2) Es wird hierzu auf den Beitrag von GRIESEL (1970) verwiesen, der einen Überblick über die verschiedenen Modelle des Peanoaxiomensystems im Erstunterricht liefert.

Dabei soll mittels der Strukturierung von und der Operation mit Mengen die Struktur der Zahl und der grundlegenden Zahloperationen zugänglich gemacht werden.

Die von BESUDEN (1970) meines Erachtens zu Recht als zu eng kritisierte DIENES'sche Definition der Zahl: "Zahlen sind Eigenschaften von Mengen" (DIENES, 1968, S.7) erweist sich hier zumindest in einer bestimmten Phase der Erarbeitung für den Didaktiker als ausreichend und sinnvoll.

Obwohl beide Ansätze sich notwendig gegenseitig abgrenzen, ist ihnen gemeinsam, daß sie trotz der anerkannten rein logischen Natur der Zahl und der Operationen (vgl. BESUDEN, S.207) diese durch den Umgang mit strukturiertem Material - wobei natürlich Ein-Modell-Methoden und Mehr-Modell-Methoden wiederum Anlaß zur weiteren Diskussion bieten - zugänglich machen wollen. Material und Methode der Veranschaulichung, SEIDEL weist die Existenz acht verschiedener Ansätze auf (vgl. SEIDEL, S. 6,7), sind jedoch wiederum abhängig von dem Aspekt des Zahlbegriffs der zuerst angestrebt werden soll.

2. Mengenvarianz und Zahlbegriff

Wenn also der Schüler durch den Umgang mit konkretem Material erkennen soll, daß exakt definierte Mengen über Eigenschaften verfügen, die auch anderen exakt definierten Mengen eigen sind, dann muß er in der Lage sein, diese Eigenschaften als konstant anzusehen, unabhängig von der Anordnung und Beschaffenheit der Elemente. Dieses Postulat ermöglicht erst ein sinnvolles Operieren mit Zahlen: "Ohne diesen Invarianten (der Anzahl, Anmerk. d. Verf.) sind keine mathematischen Gesetze und Konstruktionen möglich" (Th.B. SEILER 1968, S. 68). Der Invariant der Anzahl "besagt, daß eine bestimmte Anzahl diskreter Gegenstände gleicher Art sich durch die Veränderung der Anordnung dieser Gegenstände nicht ändert" (SEILER 1968, S. 68).

Nach PIAGET entwickelt sich dieses invariante Verhalten in drei Stadien:

Erstes Stadium: Varianz bis 5;6 Jahren

"Im Verlauf des ersten Stadiums ist es für das kindliche Denken natürlich, daß eine Flüssigkeitsmenge sich ändert je nach Form und Dimension der Gefäße, in die man sie umgießt: die Wahrnehmung der scheinbaren Verwandlungen ist also noch keineswegs durch ein System von Relationen und Operationen korrigiert, die die Existenz des Mengen-invarianten garantieren" (PIAGET / SZEMINSKA 1965, S. 8).

Zweites Stadium: Übergangsphase: 5;0 bis 7;0 Jahre ¹⁾

In dieser Phase wird invariables Verhalten in bestimmten Situationen gezeigt, jedoch noch nicht generalisiert.

"In der zweiten Übergangsreaktion behaupten die Kinder die Invarianz im Falle geringer Unterschiede in der Höhe des Flüssigkeitsspiegels, der Breite oder des globalen Größeneindrucks, aber zweifeln daran im Falle größerer Unterschiede" (PIAGET / SZEMINSKA, S. 19).

Drittes Stadium: Invarianz ab 5;6 Jahren

"Mit Beginn des dritten Stadiums stellt das Kind von vornherein die Forderung der Mengeninvarianz ganz unabhängig von den Veränderungen, die wir im Verein mit ihm vornehmen (PIAGET / SZEMINSKA, S. 9).

Das invariante Verhalten dokumentiert "erste reversible Operationen des kindlichen Denkens" (SEILER, S.72) und ist ein Endstadium eines Äquilibrationsprozesses. Es zeichnet sich somit durch eine besondere Stabilität aus: die Überzeugung von der Unveränderlichkeit der Zahleigenschaft einer Menge bedarf keiner weiteren Assimilation oder Akkommodation.

1) Altersangaben nach SEILER, S.71
PIAGET führt zu den Altersangaben aus: "Wenn ich ein Lebensalter angebe, so entspricht das jedoch immer dem Höhepunkt einer statistischen Kurve" (PIAGET 1967, S. 54)

In dieser PIAGET'schen Auffassung, der wir uns hier anschließen, sind somit notwendig mengeninvariantes Verhalten und Zahlbegriff untrennbar miteinander verbunden. Wir können daraus folgern, daß ein Mathematikunterricht, der Zahlen einführen will, ohne sich von dem invarianten Verhalten der Schüler überzeugt zu haben, notwendig zu Automatismen und zur permanenten Überforderung führen muß.

Im folgenden soll daher überprüft werden, inwieweit die Sonderschule in ihrem Mathematikunterricht invariantes Verhalten vermittelt und damit dem Schüler die Chance zur Entwicklung von Zahlbegriffen gibt. Zuvor jedoch sollen kurz die Untersuchungen, die sich mit dem genannten Problemkreis "invariantes Verhalten bei lernbehinderten Sonderschülern" beschäftigen, referiert werden. Des weiteren wollen wir überprüfen, inwieweit die Lehrpläne der verschiedenen Bundesländer beziehungsweise die vorliegenden Unterrichtswerke diesem Phänomen Beachtung schenken.

3. Vorliegende Forschungsergebnisse

Zum Problem des anzahlinvarianten Verhaltens bei Grundschulern liegt eine größere Zahl von Untersuchungen mit verschiedenen Schwerpunkten vor. Ohne diese an dieser Stelle näher beschreiben zu können, seien vor allem aus dem deutschsprachigen Raum die Arbeiten von GAST (1957), HEMMER (1972), INHELDER (1973), LAUX (1971), MONTADA (1968, 1970), RAUH (1972), SCHMALOHR (1969), SEIDEL (1973) und SEILER (1968) genannt. Von den ausländischen Publikationen sind vor allem diejenigen von BEILIN (1968), HOOD (1962), LAWRENCE (1973), MANNIX (1960), McMANIS (1969) und SMEDSLUND (1966) zu erwähnen, da ihre Untersuchungsanliegen den unseren nahekommen. Eine tabellarische Übersicht über die Forschungsergebnisse bis 1972 bringt G. SEIDEL (1973, S. 71-77).

Da J. LAUX im deutschsprachigen Raum die wohl umfangreichste Untersuchung zur Feststellung des mengeninvarianten Verhaltens in verschiedenen Altersstufen durchführte und seine an Grundschulern gewonnenen Befunde den von uns bei Lernbehinderten ermittelten gegenübergestellt werden sollen, sei dieses Projekt hier kurz refiert.

LAUX legt je 80 durchschnittlich begabten (25. bis 75. Perzentil nach den "Coloured Progressive Matrices" von RAVEN) Kindern der Altersstufen 6, 7 und 8 insgesamt 12 Items vor. Nach einer Einzelauswertung der Leistungen der Probanden in allen 12 Items kommt er zusammenfassend zu dem Ergebnis: "Vergleicht man unsere Ergebnisse mit den diesbezüglichen Altersangaben PIAGETS - sofern welche vorliegen - zeigen sich durchweg erhebliche Differenzen (Retardierungen), deren Ursache nicht festzustellen ist. Unsere Vpn sind durchschnittlich ein bis zwei Jahre später zur Lösung der entsprechenden Aufgabe fähig als diejenigen PIAGETS" (LAUX, S. 179). "Die zwar von AEBLI, aber niemals von PIAGET selbst für die Frage der Zahlbegriffsbildung als nicht wesentlich deklarierte funktionale Abhängigkeit zwischen Zahl-(beziehungsweise Denk-) Leistung und Altersfortschritt wurde von uns aufgegriffen und in ihrer Existenz in eindeutiger Weise bestätigt" (LAUX, S. 180).

Zum Problemkreis "mengeninvariantes Verhalten bei Lernbehinderten" sind uns die Arbeiten von SCHMALOHR und WINKELMANN (1969, S. 93 ff), McMANIS (1969), MANNIX (1960) und HOOD bekannt.

SCHMALOHR und WINKELMANN überprüften 68 Hilfsschulkinder im Alter von 7;0 bis 13;5 Jahren. Die Probanden, über deren Alter und Intelligenz keine näheren Angaben gemacht werden, wurden nach der Ermittlung des Konservierungsniveaus in zwei Gruppen - eine Versuchs- und Kontrollgruppe - mit je einem N = 34 eingeteilt. Die Versuchsgruppe erhielt über mehrere Wochen hinweg (genauere Angaben fehlen) die Gelegenheit, Umschüttversuche wiederholt auszuführen. Nach Abschluß der Prüfung wiesen

28 von 34 Vpn invariantes Verhalten auf, demgegenüber war keiner der Probanden der nicht trainierten Kontrollgruppe mengenkonstant.

Untersuchungen aus dem anglo-amerikanischen Raum sind für einen Vergleich mit der von uns beabsichtigten Untersuchung insofern nur mit Einschränkungen heranzuziehen, als in der zumeist als "mental retarded" gekennzeichneten Gruppe sowohl Lernbehinderte als auch Geistigbehinderte enthalten sein können, wenn nicht nähere Angaben über die Intelligenz der Pbn gemacht werden.

Donald L. McMANIS legte 90 durchschnittlich Intelligenten und 90 "Retardierten" (IQ - Streubreite zwischen 47 und 73, LA von 7;8 bis 21;2) verschiedene, an den PIAGET'schen Versuchen orientierte Items vor. Hinsichtlich der "extensiven" Quantitätsbeurteilung, wie sie zum Beispiel bei allen Transformationsversuchen mit äquivalenten Mengen erforderlich ist, waren sowohl die "normals" als auch die "retardates" gegenüber den Befunden PIAGET's um ein Jahr zurück.

J.B. MANNIX (vgl. MANNIX 1960, S. 180 ff.) überprüfte 48 E.S.N.-Kinder mit einem MA von 5;0 bis 8;11 Jahren mit den von PIAGET verwendeten Prüfaufgaben. Sein für unser Anliegen wichtigstes Ergebnis ist, daß die Pbn das von PIAGET beschriebene dritte Stadium (Stadium der Invarianz) erreichen, das MA, in dem dieses Stadium erreicht wird, variiert jedoch von Vp zu Vp stark.

Blair HOOD stellt bei der Untersuchung von 126 "normal children" mit einem LA von 4;9 bis 8;7 Jahren sowie von 23 E.S.N.-Kindern (LA: 10;3 bis 15;7 Jahre, IQ 75) fest, daß Kinder, die in den PIAGET'schen Invarianz-Versuchen scheitern, schwache Rechenleistungen aufweisen - gute Rechner weisen demgegenüber stets gute Invarianzleistungen auf.

Zum Problem der Trainierbarkeit invarianten Verhaltens von lernbehinderten Sonderschülern ist uns außer der bereits zitierten Untersuchung von SCHMALOHR und WINKELMANN keine weitere bekannt. Die Trainierbarkeit

invarianten Verhaltens bei Kindergartenkindern im Alter von 5;8 bis 6;11 Jahren wurde von HEMMER (vgl. S. 118-138) bei den Reihenversuchen mittels einer Anzahlreduktion, einer Gestaltdeformation und des Zählens an je 40 Probanden überprüft. Nach einer kurzen Übungsphase (vgl. HEMMER, S. 121) wiesen 17 Probanden der Zählgruppe, 29 Probanden der Reduktionsgruppe und 23 Kinder der Deformationsgruppe invariantes Verhalten auf. Ihnen standen 7 Probanden der nicht trainierten Kontrollgruppe gegenüber. Obwohl HEMMER unseres Erachtens wesentliche Elemente, die invariantes Verhalten bedingen, außer acht gelassen hat, kann er seine Ergebnisse im Verhältnis zu denen anderer Untersuchungen als positiv bezeichnen (vgl. HEMMER, S. 123). Insgesamt sind die Ergebnisse verschiedener Invarianz-Trainingsversuche als recht unterschiedlich anzusehen. Ebenso unterschiedlich sind die Methoden, die eingesetzt wurden, um eine Mengenkonzanz zu erreichen. RAUH (1972, S. 360 ff.) berichtet über eine Reihe von Untersuchungen, die alleine durch die Erklärung der ausgeführten Handlung ("wir haben nichts hinzugefügt oder weggenommen", "die Stäbchen können wieder in die Ausgangsstellung zurückgelegt werden") bedeutsame Lernerfolge erreichten. RAUH vermerkt jedoch, daß in verschiedenen Untersuchungen oft mehr als die Hälfte der Probanden variant verblieben.

Weitere Experimente setzen verschiedene Mittel ein. BEILIN, KAGAN und RABINOWITZ berichten von einem Training, das eine Vorhersage des Ergebnisses der Transformation der Elemente einer Menge und eine anschließende Kontrolle dieser Vermutung beinhaltet. Die Ergebnisse dieses Trainings waren dem Training invarianten Verhaltens ohne beide Trainingselemente überlegen (vgl. BEILIN, KAGAN und RABINOWITZ, 1968, S. 392 ff.). BRUNER (1966, S. 52) stützt die von BEILIN und seinen Mitarbeitern vertretene Auffassung.

Eine weitere Gruppe von Forschern versucht invariantes Verhalten dadurch zu erreichen, daß wesentliche Elemente des von PIAGET beschriebenen operativen Denkens (Reversibilität, Multiplikation der Dimensionen) durch die Erzeugung von Konflikten und die Auslösung von assimilativen und akkommodativen Prozessen erworben werden (vgl. RAUH, S. 322). Hier sind vor allem MONTADA, SMEDSLUND, GRUEN und WALLACH, WALL und ANDERSON zu nennen. Die Ergebnisse sind jedoch auch hier als sehr unterschiedlich zu bezeichnen und beruhen unseres Erachtens darauf, daß jeweils nur ein wesentliches Element invarianten Verhaltens trainiert wurde. In dem von uns erstellten Trainingsprogramm - wir kommen später darauf zurück - wurde versucht, alle Elemente in das Training mit einzubeziehen.

4. Invariantes Verhalten als Unterrichtsgegenstand

Wir hatten oben festgestellt, daß ohne den Begriff der Invarianz "weder mit Mengen noch mit Zahlen sinnvoll gearbeitet werden kann" (LAUX und BIGALKE 1972, S. 2). Diese Aussage, die hier stellvertretend für eine Vielzahl gleichlautender stehen kann, scheint jedoch nicht mehr die gleiche Bedeutung zu besitzen, wenn es um die Erstellung von Lehrplänen und Unterrichtswerken geht. BAGUS und MÜLLER (S. 67 ff.) konnten in einer im Rahmen des vom Verfasser geleiteten Projekts "Mathematik in der Schule für Lernbehinderte" durchgeführten Analyse der Lehrpläne und Unterrichtswerke feststellen, daß weder in den "Empfehlungen und Richtlinien zur Modernisierung des Mathematikunterrichts an den allgemeinbildenden Schulen" der Kultusminister-Konferenz noch in den in der Folge entstandenen Rahmenrichtlinien zum Beispiel des Landes Hessen die Invarianz als Lernziel aufgenommen wurde. Für den Bereich der Sonderschulen wird in den Plänen des Landes Nordrhein-Westfalen die "Unveränderlichkeit der Mächtigkeit der Menge bei räumlicher Umordnung" (S. 360) angesprochen, die Globalität dieser Aussage und der Charakter der vorgeschlagenen beziehungsweise

nicht vorgeschlagenen Übungen weisen jedoch unseres Erachtens auf eine Fehleinschätzung der Bedeutung dieser Leistung für die weitere Entwicklung hin. Insgesamt muß beobachtet werden, daß in allen Lehrplänen der verschiedenen Bundesländer der Erwerb des Zahlbegriffs als Lernziel direkt oder indirekt auftaucht, die dort aufgezeigten Inhalte und Methoden führen jedoch - alleine angewandt - sicherlich nicht zu diesem Ziel.

Ein ähnlich desolates Bild ergibt sich bei der Analyse der Rechenwerke für die Grundschulen, aber auch der Rechenwerke für die Sonderschulen. Selbst die Rechenfibeln, die sich in ihrer Konzeption und in ihrem Titel an der PIAGET'schen Theorie des operativen Denkens orientieren (FRICKE: "Operatives Rechnen", BRINKMANN: "Rechne so"), weisen eine "ziemliche Diskrepanz zwischen theoretischem Anspruch und praktischer Verwirklichung" (BAGUS / MÜLLER, S. 70) auf. Nur wenige in die Werke aufgenommene Übungen können zu invariantem Verhalten beitragen. In den Fibeln, die auf sogenannter mengentheoretischer Grundlage konzipiert sind, wird die Invarianz als Lernziel ebenfalls nicht aufgeführt (NEUNZIG - SORGER: "Wir lernen Mathematik", WINTER - ZIEGLER: "Neue Mathematik", OEHL-PALZKILL: "Die Welt der Zahl - Neu", SPROCKHOFF: "Welt der Mathematik"). Lediglich LAUX und BIGALKE weisen im pränumerischen Teil ihrer "Einführung in die Mathematik" die Mengenkonstanz als Unterrichtsgegenstand aus.

Kann dieser Befund im Bereich der Grundschule noch dadurch erklärt werden, daß hier vorwiegend Mathematiker die Werke erstellt haben, für die das Problem "Invarianz" aus fachwissenschaftlicher Sicht nicht existiert, so ist er für den Bereich der Sonderschule für Lernbehinderte, die stets die methodische Komponente (vgl. BLEIDICK 1965 Sp. 615) in den Vordergrund stellte, zunächst nicht erklärbar, es sei denn, daß die Invarianzleistung wie andere Leistungen als für den Schüler nicht erreichbar angesehen

wird ¹⁾. So oft die mangelnde Leistungsfähigkeit der Schüler auch die Grundlage für viele didaktische Maßnahmen der Schule für Lernbehinderte darstellt, wir sehen als Ursache für die mangelnde Beachtung der Invarianz primär einen gewissen methodischen und didaktischen Konservatismus an, der sich in der Sonderschule etabliert hat. Er ist über Jahrzehnte hinweg in der Gestalt bestimmter Unterrichtsprinzipien, die einmal modernen pädagogischen und psychologischen Strömungen und Theorien entsprachen, wirksam gewesen. Es seien hier zum Beispiel nur die Fibeln "Wir rechnen gern" und "Rechne mit mir" stellvertretend für andere genannt, in denen versucht wird, alleine durch die Betrachtung möglichst vieler Mengen gleicher Zahleigenschaft zum Zahlbegriff zu gelangen - ein Unterfangen allerdings, das wohl kaum zum Ziel führen wird. Übungen zur Erlangung des mengeninvarianten Verhaltens sind dagegen nicht aufzufinden. Um künftig empirisch fundierte didaktische Entscheidungen in diesem für den Lernerfolg im Fach Rechnen / Mathematik grundlegenden Bereich treffen zu können, wurde die im folgenden dargestellte Untersuchung der Leistung und Leistungsfähigkeit von Sonderschülern beim Erkennen der Mengenkonstanz durchgeführt.

Um jedoch die folgende Untersuchung und das folgende Training der Mengeninvarianz besser hinsichtlich deren Relevanz für didaktische Entscheidungen einschätzen zu können, seien zunächst noch die Elemente des Strukturfeldes "Mengeninvarianz" dargestellt.

¹⁾ Die Ursachen hierfür scheinen zwischen Unkenntnis und Ignoranz auf der einen Seite und einer Unsicherheit bei der Einschätzung der Bedeutung psychologischer Erkenntnisse auf der anderen Seite zu schwanken.

5. Strukturfeldanalyse "Mengeninvarianz"

Nach PIAGET, dessen Auffassung wir uns hier anschließen, wird der Zahlbegriff durch Leistungen der Klasseninklusion, der Seriation und der Invarianz gebildet. Invariantes Verhalten ist also ein Element, eine "Voraussetzung" für den Zahlbegriff, nicht aber die alleinige Bedingung. Soll das komplexe Ziel Zahlbegriff angestrebt werden, so kann dies nur sinnvoll geschehen, wenn dem Schüler die Möglichkeit geboten wird, die Erkenntniselemente der drei Bereiche zu erfassen.

Im folgenden zeigen wir zum besseren Verständnis der darzustellenden Untersuchung und des hier vertretenen didaktischen Konzepts des strukturorientierten Unterrichts die Strukturelemente des Strukturfeldes "Mengeninvarianz" auf. Nur durch eine entsprechende Analyse ist festzustellen, welche Erkenntniselemente den Inhalt konstituieren, ein leider bisher nur unzureichend berücksichtigter Tatbestand, wie vor allem - dies sei vorweggreifend schon gesagt - auch diese Untersuchung und weitere, im folgenden dargestellte Untersuchungen zeigen werden. Es scheint weiterhin einsichtig, daß Erkenntniselemente nur dadurch als erworben bezeichnet werden können, wenn der Lernende in entsprechenden Situationen dies durch sein Verhalten zeigt.

Eine Darstellung dieser Situationen ist beim vorliegenden Konzept der Strukturaufbauten zumindest im mathematischen Bereich leicht möglich. Ist bekannt, welcher Erkenntniselemente und - daraus abgeleitet - welcher Teilverhaltensweisen ein komplexes Verhalten bedarf, so kann eindeutiger als nach der bisher üblichen Praxis festgelegt werden, welche Voraussetzungen der Lernende erfüllen muß, um diese Elemente erwerben zu können. So erfordern die im folgenden aufgezeigten Erkenntniselemente zum Beispiel das Erkennen bestehender beziehungsweise nicht bestehender Äquivalenz zweier Mengen bei einer Stück-für-Stück-Zuordnung der Elemente (korrespondierende Mengen). Überall dort, wo diese Zuordnung

nicht zum Erkennen der Gleichmächtigkeit beziehungsweise Ungleichmächtigkeit der Mengen führt, werden diese Lernvoraussetzungen für invariantes Verhalten nicht erfüllt. Es müssen daher erst die Lernziele des Strukturvorfeldes angestrebt werden.

Bei den von uns eingesetzten Prüfreihen zur Invarianz sind daher jeweils entsprechende Vorversuche eingefügt.

Übersicht:	Strukturfeld und Strukturvorfeld der "Mengeninvarianz" ¹⁾
Struktur- vorfeld- analyse	1. Klassifikation von Elementen bezüglich deren Eigenschaften 1a. Eigenschaften erkennen können 1b. Gegenstände aufgrund gemeinsamer Eigenschaften klassifizieren können. 2. Begriffliche Differenzierung von "mehr" beziehungsweise "weniger" 2a. Mengen gleicher Elementenanordnung (starre Elementenanordnung) nach "mehr" beziehungsweise "weniger" global unterscheiden können 2b. Mengen gleicher Elementanordnung nach "viel - mehr - noch mehr - am meisten" sowie "wenig - weniger - noch weniger - am wenigsten" ordnen können. 3. Eineindeutige Zuordnung (diskont. Mengen) 3a. Mengen eineindeutig zuordnen können 3b. Mengen durch eineindeutige Zuordnung auf Gleichheit beziehungsweise Ungleichheit überprüfen können.

¹⁾ Zusammengestellt als Ergebnis einer Projektgruppenarbeit von BAGUS / MÜLLER (1974, S. 215 - 217)

Fortsetzung Struktur- vorfeld- analyse	4. Vergleich kontinuierlicher Mengen 4a. Gleiches Flüssigkeitsniveau herstellen können 4b. Unterschiedliche Flüssigkeitsmengen durch anschaulichen Vergleich hinsichtlich Gleichheit beziehungsweise Ungleichheit beurteilen können.
Struktur- feldanalyse	5. Mengeninvarianz: diskrete Mengen 5a. Erfassen, daß die größere Gesamtlänge (größere Ausdehnung) durch größere Intervalle verursacht wird beziehungsweise die kleinere Gesamtlänge (geringere Ausdehnung) durch kleinere Intervalle bedingt ist (insgesamt: bei gleicher Anzahl der Elemente!) 5b. Verstehen, daß bei einer dichten oder gedrängten Reihe (Figur) die Intervalle zahlreicher und kürzer sind (deshalb mehr Elemente), während bei einer weniger dichten Reihe (Figur) die Gesamtlänge (Ausdehnung) dieselbe bleiben kann, indes die Intervalle weniger zahlreich und länger werden (insgesamt: bei ungleicher Anzahl der Elemente in beiden Reihen beziehungsweise bei der Figur). 5c. Erfassen, daß 1. die Elemente der Menge unabhängig von ihrer Position (Einheiten) und 2. daß korrespondierende Reihen (Figuren) nur zwei Gruppen homogener Einheiten sind

Forsetzung
Struktur-
feldana-
lyse

- 5d. Einsehen, daß die größere (kleinere) Gesamtlänge beziehungsweise Ausdehnung, unter der Voraussetzung, daß kein Element fortgenommen und hinzugefügt wurde, nur durch jetzt größere (kleinere) Intervalle bedingt sein kann (Komposition der Relation)
- 5e. Erkennen, daß jede Transformation durch die inverse Anordnung ausgeglichen wird (Reversibilität).
- 6. Mengeninvarianz bei Flüssigkeiten und Gläser- Perlen-Aufgaben
 - 6a. Erfassen, daß die Unterschiedsverhältnisse zwischen Niveau und Breite zugleich beachtet werden müssen
 - 6b. Begreifen (Fortführung von 6a.), daß jede Hebung des Niveaus ausgeglichen wird durch eine Verringerung der Breite
 - 6c. Verstehen, daß man sich die Flüssigkeitsmengen in gleiche Einheiten (Maßeinheiten) aufgeteilt vorstellen muß
 - 6d. Erkennen (Verknüpfung von 6b. und 6c.), daß man
 - 1. stets die Höhe und Breite "verknüpfen" und 2. die Flüssigkeitsmenge in Einheiten aufteilen muß (logische Multiplikation der Relationen plus Aufteilung)

Fortsetzung
Struktur-
feldana -
lyse

- 6e. Einsehen, 1. daß die Flüssigkeit konstant bleibt, weil nichts fortgenommen oder hinzugetan wurde und 2. daß man durch Zurückschütten (zunächst empirisch, dann nur noch gedanklich) den Ausgangszustand wiederherstellen kann
- 6f. Erfassen, daß man sich durch Zurückschütten (empirisch und später vorstellungsmäßig) davon überzeugen kann, daß es wirklich, trotz unterschiedlicher Höhe beziehungsweise Breite, gleich viele Einheiten sind
- 6g. Sich dessen bewußt werden, daß 1. das Aufteilen in verschiedene Gläser nichts anderes ist als das Aufteilen der Einheiten und 2. daß man durch Zurückschütten (Reversibilität) wieder das gleiche Niveau herstellen kann
- 6h. Verstehen, daß die gleichen Überlegungen bei den Gläser-Perlen-Aufgaben (diskontinuierliche Mengen) angestellt werden müssen.

4.2.1.3. Überprüfung des mengeninvarianten
Verhaltens von lernbehinderten Sonder-
schülern der Altersstufen 6 bis 11

4.2.1.3.1. Planung der Untersuchung - Überprüfung
der Hypothese 2. 1.

1. Anliegen der Untersuchung

Die Untersuchung hat zunächst das allgemeine Anliegen, intuitive didaktische Entscheidungen durch empirisch fundierte Erkenntnisse abzulösen. Ihre speziellere Intention ist es, exemplarisch am Beispiel des invarianten Verhaltens zu überprüfen, inwieweit in der gegenwärtigen Praxis die Komponenten "objektive Lernanforderung" und "subjektive Lernvoraussetzung" beachtet werden. Da die Untersuchung dieses Zusammenhanges unseres Erachtens nur dann von didaktischer Relevanz ist, wenn neben der Leistung der Schüler unter gegebenen Bedingungen auch die unter veränderten Bedingungen ermittelt wird, ist sie eng mit einer Längsschnittuntersuchung verbunden. In dieser soll ermittelt werden, ob invariantes Verhalten durch gezielte didaktische Maßnahmen erreicht werden kann.

Schließlich soll mit der Untersuchung ein weiterer Beitrag zur Klärung des Phänomens "invariantes Verhalten", besonders hinsichtlich der Fragen "Ausgangsleistung und Invarianz", "situationsbedingtes invariantes Verhalten", "Invarianz als Gegenstand des Lernprozesses" geleistet werden, wobei an dieser Stelle jedoch nur auf die Fragenkomplexe eingegangen werden kann, die die obige Hypothese tangieren.

2. Ziel der Untersuchung

Hauptziel der Untersuchung ist die Überprüfung der oben formulierten Hypothese. Des weiteren wird Klärung folgender Teilfragen angestrebt:

1. Wie hoch ist der Anteil invarianter Probanden bei Sonderschülern in den Altersstufen 6 bis 11 ?
2. In welcher Altersstufe wird der geforderte Anteil von 90 Prozent invarianter Probanden erreicht?
3. Entspricht die Invarianzleistung der überprüften Sonderschüler der von Grundschülern?
4. Wie verändert sich das variante Verhalten in einem Zeitraum von sechs Monaten?
5. Ist variantes Verhalten mittels eines strukturorientierten Trainingsprogramms zu erzeugen?
6. In welchem Zusammenhang stehen Invarianzleistungen und die allgemeine Leistungsfähigkeit?

Die Fragen 1, 2, 3, 6 sollen durch eine Querschnittuntersuchung, die Frage 4, 5 durch eine Längsschnittuntersuchung beantwortet werden.

3. Stichprobe

LAUX und PIAGET haben bei Kindern mindestens durchschnittlicher Intelligenz das Erreichen invarianten Verhaltens zwischen dem 6. und 8. Lebensjahr beobachtet. Bei den von uns zu untersuchenden Sonderschülern muß auf Grund der allgemeinen Leistungsschwäche dieser Kinder eine Verzögerung des Einsetzens invarianten Verhaltens erwartet werden, worauf auch Untersuchungen aus dem anglo-amerikanischen Raum (MANIS, HOOD, vgl. S. 173) hinweisen. Es waren daher von Beginn an die Altersstufen 9, 10 und 11 in die Untersuchung mit einzubeziehen.

Um den Umfang der Stichprobe nicht übermäßig auszu-
dehnen, wurden die Altersstufen 8 und 9, in denen die
endgültige Wendung hin zur Konstanz erwartet werden
konnte, mit mehr Probanden besetzt.

Die Probanden verteilen sich wie folgt auf die einzel-
nen Altersstufen¹⁾:

Tabelle 20

Verteilung der Probanden auf die Altersstufen 6 bis 11

Altersstufe	6	7	8	9	10	11
Jungen	15	41	64	37	18	19
Mädchen	8	39	38	23	12	11
Gesamt	23	80	102	60	30	30

Da weiterhin darauf geachtet wurde, daß sich die Probanden
weitgehend gleichmäßig über die einzelnen Altersstufen
verteilen, hierdurch sollte eine kontinuierliche Besetzung
des gesamten Ausschnitts der Altersskala erreicht werden,
können die einzelnen Altersstufen nochmals unterteilt
werden:

LA	6 ₂	7 ₁	7 ₂	8 ₁	8 ₂	9 ₁	9 ₂	10 ₁	10 ₂	11 ₁	11 ₂
N	23	38	42	60	42	26	34	15	15	13	17

Um einen möglichst repräsentativen Querschnitt der
Gruppe "lernbehinderte Sonderschüler" zu erhalten, wurden
jeweils alle Schüler einer bestimmten Altersstufe der
jeweiligen Schule in die Stichprobe aufgenommen.
Überprüft wurden Kinder der Sonderschulen Fulda, Neuhof,
Hünfeld, Eiterfeld, Hersfeld, Kirchhain, Heimbolds-
hausen, Marburg und Stadt Allendorf. Zur Überprüfung
spezieller, an dieser Stelle nicht näher darzustellender

¹⁾ Die Altersstufen umfassen jeweils die Probanden, die
das genannte Alter in Jahren erreicht und die Grenze
zur nächsten Altersstufe noch nicht überschritten haben.
Beispiel: In der Altersstufe 7 sind Probanden des Alters
von 7;0 bis 7;11 Jahren enthalten.

Fragen sind in der Stichprobe 100 sechs- bis achtjährige Probanden (50 Jungen und 50 Mädchen, Stichprobe 2) enthalten, die direkt in die Sonderschule eingewiesen wurden und dort zum Zeitpunkt der Untersuchung in einer Vorklasse mitarbeiteten. Diese 100 Probanden waren nur durch die Einbeziehung einer Vielzahl hessischer Sonderschulen zu ermitteln.

4. Verlauf der Untersuchung

Wie bereits einleitend dargestellt, kann die Momentaufnahme einer Querschnittuntersuchung nur insofern von didaktischer Relevanz sein, als zum Beispiel die Feststellung einer besonderen Minderleistung eine besondere Beachtung dieser Insuffizienz nach sich ziehen muß. Welcher Art diese Berücksichtigung zu sein hat, ist daraus jedoch nicht - wie bisher in der sonderpädagogischen Praxis geschehen - eindeutig in dem Sinne ableitbar, daß Minderleistungen schulisch so wenig wie möglich angesprochen werden sollen. Vielmehr zwingt unseres Erachtens gerade die Kenntnis um die Bedingungen der Minderleistung, die nicht nur endogenen, sondern ebenso sehr exogenen Charakters sein können, auch und zuerst zur Konsequenz der Vermittlung von solchen Lernprozessen, die grundlegend für den Bildungsgang des Schülers sind, bisher jedoch nicht vollzogen werden konnten. Bei der oben aufgezeigten unumstrittenen Bedeutung invarianten Verhaltens für den Zahlbegriff mußte Schülern die Möglichkeit geboten werden, invariantes Verhalten zu erwerben, vorausgesetzt, ein solcher Nacherwerb ist überhaupt möglich.

Eine Untersuchung invarianten Verhaltens kann sich somit nicht auf eine Feststellung des Istzustandes beschränken, dessen einseitige, affirmative Interpretation hinlänglich aufgezeigt werden konnte, sie muß vielmehr die Eruierung der Möglichkeit einer Nachförderung der benachteiligten Schüler mittels spezieller Methoden enthalten. Die Untersuchung invarianten Verhaltens bei lernbehinderten Sonderschülern ist daher wie folgt aufgebaut:

1. Voruntersuchung von 60 Probanden der Altersstufen 7, 8, 9 und 10 (je Altersstufe 15 Probanden) mit dem Ziel der Überprüfung der Gültigkeit des Prüfverfahrens und der Ermittlung des Altersbereiches, in dem invariantes Verhalten bei Sonderschülern erreicht wird.
2. Hauptuntersuchung 1:
Erste Querschnittuntersuchung von 325 Probanden.
Ziel: Ermittlung des Alters, in dem bei den überprüften Probanden invariantes Verhalten erreicht wird.
Hauptuntersuchung 2:
Wiederholung der Überprüfung von 120 Probanden nach Ablauf von sechs Monaten.
Ziel: Feststellung der Veränderung des varianten Verhaltens im Verlaufe von sechs Monaten ohne gezielte äußere Einwirkung.
Hauptuntersuchung 3:
Unmittelbar an die 2. Untersuchung sich anschließende dreißigminütige Unterweisung der Schüler, die auch in der Untersuchung 2 variant verblieben waren, mittels eines strukturorientierten Programms.
Ziel: Überprüfung der Frage, ob invariantes Verhalten bei lernbehinderten Sonderschülern mittels geeigneter Verfahren erlernt werden kann.

Die erste und zweite Untersuchung, die hier zunächst dargestellt werden sollen, wurden in der Form von Einzeluntersuchungen in der zweiten und dritten Schulstunde in einem dafür geeigneten Raum durchgeführt. Die Überprüfungen dauerten jeweils je Vp 30 bis 60 Minuten; die Durchführung des Trainingsprogramms, das ebenfalls jedem Probanden einzeln dargeboten wurde, beanspruchte durchschnittlich 30 Minuten.

5. Methode der Untersuchung

In der ersten und zweiten Überprüfung wurden den Probanden 51 (mit der Zählprüfung 52) Items vorgelegt, die in Anlehnung an die Grundversuche PIAGETS konzipiert wurden (vgl. Anhang, S.C 1). Eine Modifizierung der Items PIAGETS schien im Interesse der Überprüfung spezieller, bisher ungeklärter Fragen (vor allem hinsichtlich der Situationsabhängigkeit invarianten Verhaltens) geboten.

Die Items gliedern sich in vier Itemgruppen. Diese haben folgende Beschaffenheit und Funktion:

1. Items zur Überprüfung des Erkennens der Äquivalenz von Mengen mit eineindeutig zugeordneten Elementen, Überprüfung der korrekten Anwendung der Begriffe "mehr", "weniger", "gleichviel". Die Itemgruppe hat die Aufgabe, das Leistungsverhalten der Probanden im Strukturvorfeld zu erkunden. Probanden, die die Aufgabe dieser Itemgruppe nicht lösen, werden in die weitere Untersuchung invarianten Verhaltens nicht einbezogen. Die Items hatten im einzelnen folgende Funktion:

Item 1 : Feststellen der Gleichheit zweier Perlmengen, Gebrauch der Begriffe "mehr", "weniger", "gleichviel".

Item 10 : Feststellung der Gleichheit zweier Mengen
(16) mit eineindeutig zugeordneten Elementen;
9 Elemente gleicher Größe und Farbe je Menge.

Item 13 : Ziel wie Item 10; 9 Elemente gleicher Farbe,
(19) gleicher Form, jedoch unterschiedlicher Größe.

Item 22 : Ziel wie Item 10; 4 Elemente gleicher Größe,
(32) gleicher Form, gleicher Farbe.

Item 27 : Ziel wie Item 10; 4 Elemente gleicher Form,
(37) gleicher Farbe, unterschiedlicher Größe.

2. "Figuren legen": Items 42 - 46.

In diesem Test sollen bestimmte Formen, die durch runde Elemente gebildet werden, vom Probanden nachgelegt werden.

3. "Umschüttversuche": Items 2 - 5 (6 - 9).

Es werden je 36 Perlen in zwei Zylinder mittlerer Breite (genaue Angaben im Anhang S. C1) Stück-für-Stück und gleichzeitig eingefüllt. Die Perlen eines Zylinders werden in einen breiteren, schmäleren, oder in mehrere Zylinder umgeschüttet.

4. 9-er-/4-er-Versuche

a) 9-er-Versuche: Items 11, 12, 14, 15 (17, 18, 20, 21).

Zwei Reihen von 9 Blättchen werden vor dem Probanden Stück-für-Stück zugeordnet ausgelegt. Nach Feststellung der Äquivalenz beider Reihen wird eine Anordnung transformiert.

b) 4-er-Versuche: Items 23 - 26, 28 - 31 (33 - 36, 38 - 41). Gleiche Anordnung wie 9-er-Versuch.

Innerhalb der verschiedenen Itemgruppen wurde jeder der hier dargestellten Versuche zweimal ausgeführt:

1. "Figuren legen"

- a) Nachlegen von Figuren, nachdem der V1 sie vor den Augen der Probanden vorgelegt hat.
- b) Nachlegen bereits vorgelegter Figuren.

2. "Umschüttversuche":

- a) Beurteilung der Größenrelation beider Mengen nach dem Umschütten
- b) Beurteilung der Größenrelation beider Mengen, nachdem vor jedem neuen Versuch die Perlen vor dem Probanden in den Ausgangszylinder zurückgeschüttet wurden.

3. 9-er/4-er-Versuche:

- a) Die Transformation findet vor den Augen der Kinder statt.
- b) Die Transformation findet vor den Augen der Kinder statt, die Perlen werden vor jedem neuen Versuch vor den Augen der Kinder in die Ausgangsposition zurückgelegt.

Von den 51 Versuchen werden zur Beantwortung unserer Fragestellungen nur 9 bewertet:

Umschütt-Versuch a:	Items 3 - 5
9-er-Versuch a	: Items 18, 20, 21
4-er-Versuch a	: Items 34 - 36

Die Reihenfolge der Items ist durch deren Schwierigkeitsgrad bestimmt (Ausnahme "Figuren legen"). Von den Versionen a) und b) wurde jeweils zuerst diejenige gegeben, die die größere Anforderung stellt.

4.2.1.3.2. Darstellung der Ergebnisse

1. Anteil der Lösungen an der Gesamtzahl der Items.

a) Aufteilung der Gesamtstichprobe in 11 Altersgruppen

Werden die Probanden nach ihrem Alter in 11 Altersgruppen (halbe Altersstufen) unterteilt und die Lösungen addiert, die jeder Proband einer jeden Altersstufe bei den 9 Items erreicht hat, so erhält man die Gesamtleistung einer jeden Altersgruppe.

In der folgenden Tabelle ist der relative Anteil der erreichten Lösungen an der Gesamtzahl möglicher Lösungen für jede Teilstichgruppe (Altersgruppe) angegeben.

Tabelle 21

Relativer Anteil der Lösungen an der Gesamtzahl der Items

Alter	N	Stichprobe 1 Lösungsan- teil (%)	N	Stichprobe 2 Lösungsan- teil (%)
6;6 - 6;11	15	21,7	-	-
7;0 - 7;5	12	37,9	25	35,6
7;6 - 7;11	18	32,9	25	41,8
8;0 - 8;5	30	48,0	25	57,8
8;6 - 8;11	30	61,7	25	57,3
9;0 - 9;5	26	75,8	-	-
9;6 - 9;11	34	79,8	-	-
10;0 - 10;5	15	86,6	-	-
10;6 - 10;11	15	79,8	-	-
11;0 - 11;5	13	93,2	-	-
11;6 - 11;11	17	92,7	-	-

Es läßt sich beim Betrachten der Tabelle ein weitgehend stetiges Ansteigen der Lösungshäufigkeiten von Altersgruppe zu Altersgruppe feststellen. Von besonderem Interesse dürfte der Tatbestand sein, daß die Probanden des Alters von 8;0 bis 8;5 Jahren nur zu 48 % die Items lösen und somit insgesamt als mengenvariant anzusehen sind. Diese Aussage dürfte auch noch für die Mehrzahl der 9 bis 9 ¹/₂ -jährigen Probanden gemacht werden können, die sich nur in 75,8 % der Situationen als mengeninvariant zeigten.

Gehen wir von der Hypothese nicht bestehender Unterschiede zwischen den einzelnen Stichproben aus und setzen wir wegen der nicht vorliegenden Normalverteilung den U-Test zur Prüfung dieser H_0 ein, läßt sich folgendes feststellen:

In der Gruppe 1 erweisen sich alle benachbarten Teilstichproben hinsichtlich ihres mengenvarianten Verhaltens als nicht bedeutsam unterschiedlich. Mit Ausnahme dreier Vergleiche lassen sich jedoch dann zumindest bedeutsame Unterschiede feststellen, wenn wir beim Vergleich zwei Altersstufen überspringen: Die um $1\frac{1}{2}$ Jahre älteren Probanden weisen sich also als mengenkonstanter in den entsprechenden Prüfsituationen aus. Diese Aussage kann für die 11 Altersstufen unabhängig vom realen Alter der verglichenen Stichproben getroffen werden.

Bei der Gruppe 2 bestehen bei drei Vergleichen benachbarter Teilstichproben lediglich bei dem Vergleichspaar "Altersgruppe 8_1 - Altersgruppe 8_2 " bedeutsame Unterschiede. Weiterhin unterscheidet sich die Altersgruppe 7_1 von den Altersgruppen 8_1 und 8_2 bedeutsam. Diese Ergebnisse überraschen dann, wenn man die Differenzen zwischen den relativen Lösungsanteilen der einzelnen Stichproben in Betracht zieht (vgl. obige Tabelle 21). Dort waren die Unterschiede zwischen den benachbarten Stichproben 7_1 und 7_2 sowie zwischen 7_2 und 8_1 wesentlich größer als zwischen 8_1 und 8_2 . Dies ist dadurch zu erklären, daß in die relative Lösungshäufigkeit der Gesamtgruppe die Verteilung der Ausgangswerte der einzelnen Probanden nicht mit eingeht und somit trotz eines gleichen oder fast gleichen Mittelwertes das Leistungsverhalten der Probanden insgesamt unterschiedlich sein kann.

Im Hinblick auf unser Gesamtanliegen ist die Frage nach dem Anteil der invarianten Schüler in den jeweiligen Altersgruppen von Bedeutung.

Gehen wir von der Konvention aus, daß in der vorliegenden Untersuchung nur die Probanden als mengeninvariant zu bezeichnen sind, die in allen neun typischen Items

sich als mengenkonstant erwiesen haben, so ergibt sich in den 11 Altersgruppen folgender Anteil invarianter Probanden:

Tabelle 22

Absoluter und relativer Anteil der invarianten Probanden
in den jeweiligen Altersgruppen

Altersgruppe	N	davon invar.	%
6 ₂	23	1	4
7 ₁	38	3	8
7 ₂	42	5	12
8 ₁	60	13	22
8 ₂	42	13	31
9 ₁	26	13	50
9 ₂	34	15	44
10 ₁	15	10	67
10 ₂	15	9	60
11 ₁	13	12	92
11 ₂	17	15	88
Σ	325	109	—

Es läßt sich mit zunehmendem Alter ein beständiges Ansteigen des Anteils invarianter Schüler erkennen. Von Bedeutung ist hierbei der Tatbestand, daß nur 22 Prozent der 8- bis 8 1/2-jährigen, 44 Prozent der 9 1/2- bis 10-jährigen und 60 Prozent der 10 1/2- bis 11-jährigen mengeninvariantes Verhalten zeigen. Erst die Gruppe der 11- bis 11 1/2-jährigen weist einen Prozentsatz invarianter Probanden auf (92 Prozent), der bei einer eingestanden Versagensquote von 10 Prozent die Gruppe insgesamt als invariant kennzeichnet.

Bevor wir dieses Ergebnis näher diskutieren, scheint es zum Ausgleich der vermutlich durch das geringe N bedingten Schwankungen sinnvoll zu sein, die beiden Untergruppen einer jeden Altersstufe zusammenzufassen.

b) Aufteilung der Gesamtstichprobe in
sechs Altersgruppen

Bei einer Unterteilung der Gesamtzahl der Probanden in sechs Altersgruppen lassen sich folgende relative Lösungshäufigkeiten - gemessen an der Gesamtzahl möglicher Lösungen - für jede Altersstufe ermitteln:

Tabelle 23

Anteil der Lösungen an der Gesamtzahl der Lösungs-
versuche für die Altersstufen 6 bis 11

Altersstufe	Stichprobe 1		Altersstufe	Stichprobe 2	
	N	relat.Lös. (%)		N	relat.Lös. (%)
6;6 - 6;11	15	21,7	6;9 - 7;8	50	38,7
7;0 - 7;11	30	34,9	7;9 - 8;9	50	57,6
8;0 - 8;11	60	54,9	- - -	-	-
9;0 - 9;11	60	78,1	- - -	-	-
10;0 - 10;11	30	83,3	- - -	-	-
11;0 - 11;11	30	92,9	- - -	-	-

Bei dieser Form der Zusammenfassung der Teilstichproben läßt sich mit jeder Altersstufe ein Zuwachs des Lösungsanteils erkennen.

Wegen der nicht vorliegenden Normalverteilung prüfen wir die Leistungsunterschiede zwischen den Teilstichproben mit Hilfe des U-Tests und erhalten die in Tabelle 24 festgehaltenen Ergebnisse.

Tabelle 24

Ergebnisse des U - Tests beim Vergleich der Leistungen der Altersstufen 6 bis 11 (Stichprobe 1)

Altersstufen → ↓	7	8	9	10	11
6	ns	ss	ss	ss	ss
7		ss	ss	ss	ss
8			ns	ss	ss
9				ns	ss
10					ns

Außer in den Leistungen der Altersstufen 7 und 8 bestehen zwischen den benachbarten Altersstufen keine bedeutsamen Leistungsunterschiede. Alle in der Altersrangfolge nicht benachbarten Altersstufen und die Altersstufen 7 und 8 unterscheiden sich sehr signifikant.

Gehen wir wiederum von der Konvention aus, daß ein Proband dann als mengeninvariant zu bezeichnen ist, wenn er alle 9 Items löst, so trifft dies für die in der Tabelle 25 für jede Altersstufe ausgewiesenen Probanden zu. Nur 10 Prozent der überprüften Sonderschüler der Altersstufe 7 und 25 Prozent der Schüler der Altersstufe 8 - in diesen Altersstufen gelangen nach PIAGET und LAUX die Mehrzahl der Kinder zum invarianten Verhalten - erweisen sich in allen Prüfungen als invariant. Erst bei den 11-jährigen haben 9 von 10 Schülern alle 9 Prüfitems gelöst.

Tabelle 25:

Zahl der invarianten Schüler je Altersstufe

Altersstufe	N	davon invariant	%
6	23	1	4
7	80	8	10
8	102	26	25
9	60	28	47
10	30	19	63
11	30	27	90

2. Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit bisherigen Untersuchungs- ergebnissen

Wir haben bisher festgestellt, daß Lernbehinderte erst mit 11 Jahren in den durch die 9 Prüfitems geschaffenen Situationen in dem geforderten Maße (90 Prozent invarianter Probanden) Mengenkonstanz zeigen. Demgegenüber ist durch die Untersuchungen von PIAGET und LAUX bekannt, daß normal begabte Schüler invariantes Verhalten etwa mit 6 1/2 bis 8 1/2 Jahren erreichen.

Da für LAUX und PIAGET jeweils ein Item die Basis für die Feststellung der Mengenkonstanz bildete, in unserer Untersuchung jedoch eine ganze Itemgruppe für die Einstufung in die Kategorien "invariant" und "variant" verantwortlich ist, lassen sich die Ergebnisse nicht ohne Einschränkung miteinander vergleichen. Diese Aussage wird durch unseren hier nicht näher dargestellten Befund bekräftigt, daß invariantes Verhalten situationsbezogen ist, und bei unterschiedlichen Items - sogar innerhalb einer Itemgruppe - unterschiedliches Verhalten gezeigt wird. Dies ist ein Ergebnis, dem in bisherigen Untersuchungen eine nur unzureichende Beachtung geschenkt wurde.

Um dennoch einen Vergleich zwischen dem mengeninvarianten Verhalten von sogenannten Lernbehinderten und Grundschulern zu ermöglichen, war es erforderlich, die Ergebnisse der für einen Vergleich herangezogenen Stichproben nach einzelnen Items getrennt denen der von uns überprüften Sonderschüler gegenüberzustellen. Da LAUX nur "normal begabte" Probanden für seine Untersuchung ausgewählt hat, bieten sich seine Ergebnisse für den beabsichtigten Vergleich an. Jedoch auch diese Gegenüberstellung bedarf insofern einer Einschränkung, als bei der Planung unserer Untersuchung im Interesse einer Beantwortung bisher offen gebliebener Fragen

die Mehrzahl der Items durch eine Modifizierung bisher bekannter Items gewonnen wurden.

Legt man die Ergebnisse der Itemvergleiche innerhalb der verschiedenen Itemgruppen zugrunde, so stellen die durch uns vorgenommenen Modifikationen bei den folgenden zum Vergleich der Stichproben ausgewählten Items eine (allerdings nicht als bedeutsam zu bezeichnende) Senkung des Schwierigkeitsgrades dar.

Es bieten sich für einen Vergleich drei Itempaare an:

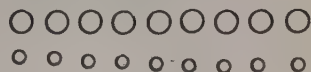
1. Versuch Nr. 3a von LAUX (S. 97) und Versuch Nr. 34 der vorliegenden Untersuchung.

Erkennen der Äquivalenz von Mengen mit Stück-für-Stück zugeordneten Elementen.

a) Versuchssituation LAUX



b) Versuchssituation in der vorliegenden Untersuchung



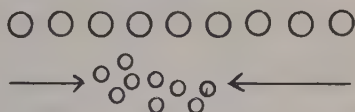
2. Versuch Nr. 3b von LAUX (S. 98f) und Versuch 36 der vorliegenden Untersuchung

Erkennen der Äquivalenz zweier Mengen mit zunächst 14 (9) Stück-für-Stück zugeordneten Elementen nach der Stauchung der Elemente der Menge 2.

a) Versuchssituation LAUX



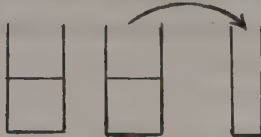
b) Versuchssituation in der vorliegenden Untersuchung



3. Versuch Nr. 1 von LAUX (S. 82 f) und Versuch Nr. 49 in der vorliegenden Untersuchung.

Erkennen der Äquivalenz zweier Mengen nach dem Umschütten der Menge 2 in ein schmäleres Glas.

- a) Versuchssituation LAUX b) Versuchssituation in der vorliegenden Untersuchung



80 Perlen je Zylinder



36 Perlen je Zylinder

In der folgenden Tabelle ist die Zahl der invarianten und varianten Probanden in den Altersstufen 6, 7 und 8 in der Untersuchung LAUX und in der vorliegenden Untersuchung bei den drei Items festgehalten:

Tabelle 26

Zahl der invarianten Schüler in den Altersstufen 6, 7 und 8 bei den von LAUX und vom Verfasser überprüften Stichproben

Items	Alters- stufen	LAUX			KUTZER			%Diff. LAUX-KUTZER
		N	gelöst	%	N	gelöst	%	
Laux 3a/ Kutzer 34	6	80	78	98	23	7	30	+ 68
	7	80	77	96	80	40	50	+ 46
	8	80	79	99	102	75	74	+ 25
Σ	6 - 8	240	234	97,5	205	122	59,5	+ 38
Laux 3b/ Kutzer 36	6	80	16	20	23	2	9	+ 11
	7	80	38	48	80	23	29	+ 19
	8	80	64	80	102	50	49	+ 31
Σ	6 - 8	240	118	49,2	205	75	36,6	+ 12,6
Laux 1/ Kutzer 49	6	80	7	9	23	1	4	+ 5
	7	80	29	36	80	10	13	+ 23
	8	80	57	71	102	34	33	+ 38
Σ	6 - 8	240	93	38,8	205	45	22,0	+ 16,8

Zunächst läßt sich feststellen, daß die von LAUX überprüften Vpn in allen Altersstufen und bei allen Items eine höhere Lösungshäufigkeit erzielen, als die von uns überprüften Sonderschüler. Mit Ausnahme der Ergebnisse der Stichprobe LAUX beim ersten Item steigt bei beiden Stichproben und bei allen Items der Anteil der richtigen Lösungen mit steigender Altersstufe an. Da der Leistungszuwachs bei den "Normalbegabten" größer ist als bei den Sonderschülern, werden die Differenzen zwischen beiden Gruppen mit zunehmendem Alter größer. Eine Ausnahme stellt hier wiederum das Item 1 dar, wo die Grundschüler bereits in der Altersstufe 6 einen Lösungsanteil von 98 Prozent erzielen und somit nur noch ein geringer Leistungszuwachs möglich war.

Stellt man die Frage, ob die von LAUX und vom Verfasser untersuchten Stichproben hinsichtlich ihrer Leistung bei den drei Items einer gemeinsamen Gesamtheit entstammen, so muß diese, wie die in der Tabelle 27 zusammengestellten Ergebnisse des χ^2 - Tests zeigen, bei allen drei Items für die Altersstufen 7 und 8 verneint werden. In der Altersstufe 6 bestehen nur beim Item 1 überzufällige Unterschiede ($p < 1\%$).

Tabelle 27

Vergleich des Anteils invarianter / varianter Schüler in den Altersstufen 6,7 und 8 bei Grundschulern (LAUX) und Sonderschülern (KUTZER) in den Items 1, 2 und 3
Ergebnisse des χ^2 - Tests

Items	Altersstufe	χ^2	p	Bed.
Item 1	6	51,472	< 1%	s s
	7	41,472	< 1%	s s
	8	19,987	< 1%	s s
Item 2	6	-	> 5%	-
	7	5,194	< 5%	s
	8	17,112	< 1%	s s
Item 3	6	-	> 5%	-
	7	10,986	< 1%	s s
	8	28,288	< 1%	s s

Es bestätigt sich hier die oben beim Vergleich der relativen Lösungshäufigkeiten beider Stichproben gemachte Feststellung, daß in den Items 2 und 3, die ja eigentlich erst invariantes Verhalten prüfen, mit zunehmendem Alter die Differenzen zwischen den beiden Stichproben größer werden. Während die von LAUX überprüften Grundschüler mit 7 und 8 Jahren vermehrt zur Invarianz gelangen, verbleiben in diesem Alter die Sonderschüler überwiegend noch im Stadium der Varianz. Führt man einen Altersvergleich durch, so läßt sich aus obiger Tabelle ablesen, daß die 8-jährigen Sonderschüler fast immer annähernd den gleichen Anteil invarianten Probanden aufweisen wie die 7-jährigen Grundschüler; die Leistung der 8-jährigen Grundschüler wird dagegen erst von den knapp 10-jährigen Sonderschülern erreicht. Ein globaler Altersvergleich, so wie er in anderen Untersuchungen angestellt wird, ist also nicht möglich.

Es scheint sich hier die in anderen Bereichen wiederholt festgestellte Tendenz zu bestätigen, daß mit steigendem Alter die Sonderschüler ein immer größeres Leistungsdefizit aufzuweisen haben. Eine solche konventionelle Interpretation der Ergebnisse scheint jedoch, wie wir im folgenden aufzuweisen versuchen, unseres Erachtens nicht möglich zu sein.

4.2.1.3.3. Zusammenfassung

Die Überprüfung invarianten Verhaltens von lernbehinderten Sonderschülern brachte folgende wesentliche Ergebnisse:

1. Gehen wir von der Voraussetzung aus, daß ein Schüler dann als mengeninvariant zu bezeichnen ist, wenn er alle 9 typischen Prüfitems bewältigt, so trifft dies für 25 Prozent der 8-jährigen, 47 Prozent der 9-jährigen, 63 Prozent der 10-jährigen und 90 Prozent der 11-jährigen Probanden zu.
2. Erst die 11-jährigen Sonderschüler erwiesen sich in der vorliegenden Untersuchung zu 90 Prozent invariant.
3. Vergleicht man die Leistung der überprüften Sonderschüler mit der von Grundschülern (Untersuchung LAUX), so lassen sich in verschiedenen Altersstufen verschiedene Leistungs differenzen feststellen: 7-jährige Grundschüler weisen eine etwa gleiche Leistung auf wie 8-jährige Sonderschüler, 8-jährige Grundschüler dagegen sind zu einem gleichen Anteil invariant wie etwa 10-jährige Sonderschüler.

Der erste Teil unserer Hypothese wird somit bestätigt: invariantes Verhalten wird von lernbehinderten Sonderschülern später erreicht als von Grundschülern; der Schule ist es nicht gelungen, die Lernvoraussetzungen für den Zahlbegriff zu schaffen.

4.2.1.4. Die Veränderung mengeninvarianten Verhaltens von lernbehinderten Sonderschülern in einem Zeitraum von sechs Monaten

4.2.1.4.1. Vorbemerkung

Wie im Kapitel "Planung der Untersuchung" dargestellt, wurde die Untersuchung so angelegt, daß ein Teil der Probanden nach sechs Monaten nochmals geprüft werden konnte. Dadurch sollte nicht nur das Verhalten des Schülers zu einem bestimmten Zeitpunkt, sondern auch die Verhaltensänderung in einem Zeitraum von sechs Monaten beobachtet werden. Insgesamt konnten 120 Probanden der Altersstufen 8, 9, 10 und 11 nach sechs Monaten nachgetestet werden. Für diesen Nachtest wurden aus den 51 Items der ersten Untersuchung lediglich noch die Items, die sich als besonders charakteristisch herausgestellt hatten, ausgewählt. Diese Items gehörten den Itemgruppen "Figurennachlegen" (Item 42 und 51), "Perlen umschütten" (Item 2 - 5) und "9-er-Versuch" (Item 17 - 21) an. In der folgenden Darstellung der Ergebnisse wollen wir jedoch zunächst nur die Verhaltensweisen der Probanden in den Itemgruppen "9-er-Versuch" und "Perlen umschütten" analysieren, da auch bei der Darstellung der Ergebnisse der Untersuchung 1 die Itemgruppe "Figuren nachlegen" nicht berücksichtigt wurde. Dies hatte seine Ursache in den Ergebnissen unserer Analyse, die bestätigten, daß mit dieser Itemgruppe entgegen der Ansicht PIAGET's primär nicht invariantes Verhalten, sondern das Erfassen von Mengen und das Erfassen der Ordnungen der Elemente dieser Mengen geprüft wird.

Wenn im folgenden die Ergebnisse der Untersuchung 1 denen der Untersuchung 2 gegenübergestellt werden, so bezieht sich dieser Vergleich stets auf die Gesamtleistung in den 9 Items, die wir bereits in der Untersuchung 1 als "typische Items" herausgestellt hatten.

4.2.1.4.2. Darstellung der Ergebnisse

Bestimmt man auch in dieser zweiten Untersuchung den Anteil invarianter Schüler bei den Itemgruppen "9-er-Versuch" und "Perlen umschütten", so erhält man die in der Tabelle 28 dargestellten Ergebnisse. Ihnen sind die Resultate der Untersuchung 1 gegenübergestellt.

Tabelle 28:

Anteil der invarianten Schüler der Altersstufen 8, 9, 10 und 11 in den Itemgruppen "9-er-Versuch" und "Perlen umschütten" in der Untersuchung 1 und Untersuchung 2

Alters- stufe	N	9-er-Versuch				Perlen umschütten			
		Unters. 1		Unters. 2		Unters. 1		Unters. 2	
		f	f (%)	f	f (%)	f	f (%)	f	f (%)
8	30	11	37	14	47	7	23	12	40
9	30	22	73	25	83	13	43	21	70
10	30	23	77	25	83	19	63	24	80
8-11	120	85	71	94	78	66	55	85	71

Die Zahl der invarianten Probanden stieg in der Itemgruppe "9-er-Versuche" von 71 auf 78 Prozent an, in der Itemgruppe "Perlen umschütten" war sogar ein Zuwachs von 55 auf 71 Prozent zu verzeichnen. Sieht man einmal von der Altersstufe 11 ab, in der bereits in der Untersuchung 1 mit 29 (9-er-Versuch) beziehungsweise 27 (Umschüttversuche) von 30 Schülern ein gewisser "Sättigungsgrad" erreicht wurde, ist der Zuwachs des Anteils invarianter Schüler in der Untersuchung 2 gegenüber der Untersuchung 1 weitgehend gleichmäßig auf alle Altersstufen verteilt. Wegen der niedrigen Probandenzahl ist ein statistischer Vergleich der Zahl invarianter Schüler in der Untersuchung 1 und in der Untersuchung 2 innerhalb der einzelnen Altersstufen nicht möglich. Da es hier um die Ermittlung der Veränderung der Leistung einer Gruppe mit vorher bestimmten Leistungsmerkmalen geht und des weiteren kein Vergleich mit einer weiteren Gruppe gezogen werden

soll, kann im folgenden die Stichprobe als Ganzes betrachtet und die Leistungsveränderung auf ihre statistische Bedeutsamkeit hin überprüft werden.

Von 120 Schülern erwiesen sich auch im 9-er-Versuch in der ersten Untersuchung 85 und in der zweiten Untersuchung 94 invariant: 9 von 35 (= 26 Prozent) Probanden waren also im Verlaufe eines Halbjahres mengenkonstant geworden.

In der Itemgruppe "Umschüttversuche" waren von den gleichen Probanden in der ersten Untersuchung 66 invariant, in der zweiten Untersuchung hingegen 85. Von 54 varianten Kindern hatten innerhalb von sechs Monaten 19 (= 35 Prozent) invariantes Verhalten erlangt. Bei beiden Itemgruppen zeigte keiner der Schüler, die sich in der Untersuchung 1 als invariant erwiesen hatten, in der Untersuchung 2 variante Reaktionsformen. Wir erhalten also für beide Itemgruppen folgende, die Leistungsveränderung dokumentierende Matrix:

Tabelle 29:

Variantes / invariantes Verhalten der 120 Probanden in der Untersuchung 1 und Untersuchung 2

<u>9-er-Versuch</u>	2. Untersuchung	
	invar.	var.
1. Unters. inv.	85	-
var.	9	26

<u>Umschütt-Vers.</u>	2. Untersuchung	
	invar.	var.
1. Unters. inv.	66	-
var.	19	35

Wenden wir trotz der Nichtbesetzung des Feldes B in beiden Matrizen den McNemar-Test zur Überprüfung der Frage an, ob bedeutsame Unterschiede hinsichtlich der Zahl invarianter Schüler zwischen der ersten und zweiten Untersuchung bestehen, so erhalten wir für beide Itemgruppen sehr signifikante Ergebnisse. Mit Einschränkung läßt sich somit sagen, daß die Zahl invarianter Schüler bei beiden Itemgruppen im Verlaufe eines Halbjahres bedeutsam gewachsen ist.

Betrachten wir die Gesamtleistung der Probanden und erteilen wir das Merkmal "invariant" an die Probanden, die alle 11 Items gelöst haben, so können 19 der 54 vorher varianten Probanden als im Verlauf eines halben Jahres konstant geworden bezeichnet werden.

4.2.1.4.3. Zusammenfassung

120 Probanden der Untersuchung 2₁ wurden nach sechs Monaten nochmals mit dem gleichen Prüfverfahren auf ihr variantes / invariantes Verhalten hin überprüft. 66 der in der ersten Untersuchung invarianten Schüler waren auch in der zweiten Untersuchung mengenkonstant, 19 der 54 varianten Schüler zeigten in der zweiten Untersuchung invariantes Verhalten. Somit waren 35 Prozent der zunächst varianten Probanden im Verlaufe eines halben Jahres ohne eine gezielte Förderung zum invarianten Verhalten gelangt.

4.2.2. Untersuchung der Erlernbarkeit invarianten Verhaltens durch Sonderschüler mit Hilfe eines strukturorientierten Programms

- Überprüfung der Hypothese 2₂ -

4.2.2.1. Vorbemerkungen

In Anbetracht der oben angeführten Ergebnisse scheint die Konsequenz unabdingbar, den Zahlbegriff in Sonderschulen nicht vor Vollendung des 4. Schuljahres zum Gegenstand unterrichtlicher Bemühungen zu erwählen. Werden in diesem Zeitbereich dennoch "Zahloperationen" angestrebt, so kann dies nur unter dem Eingeständnis geschehen, daß Sonderschüler durch die besondere Leistungsschwäche im Erkennen mathematischer Strukturen sowieso nicht zur Erkenntnis mathematischer Zusammenhänge geführt werden können (vgl. LESEMAN 1960 a). Wie bereits mehrfach aufgezeigt, ist in solch einer Meinung die Überzeugung der Irreparabilität von Leistungsminderungen bei Sonderschülern enthalten. Dieser hier geführten hypothetischen Argumentation folgen insgesamt die bisherigen Konzeptionen einer Mathematik-Didaktik der Schule für Lernbehinderte.

Zu ähnlichen Konsequenzen können aber auch Berichte LAUX'scher oder PIAGET'scher Prägung führen, wo durch die Zuordnung eines bestimmten Leistungsverhaltens - hier des mengeninvarianten Verhaltens - zu bestimmten Altersstufen (vgl. LAUX, S. 180) der Eindruck absoluter Abhängigkeit genannter Leistung von einer inneren Reife und somit vom Alter geweckt wird. Zieht man zudem noch in Betracht, daß Sonderschüler in ihrer allgemeinen intellektuellen Leistung um mindestens zwei Jahre gegenüber den übrigen Schülern zurückgeblieben sind, die vorliegende Untersuchung bestätigt dies für das mengeninvariante Verhalten eindeutig, so scheint der

für gegenwärtige didaktische Maßnahmen gelieferte Begründungszusammenhang unantastbar. Es gibt scheinbar nur zwei mögliche Konsequenzen, die aus bestehenden Tatbeständen abgeleitet werden:

1. Der Zahlbegriff wird erst dann angestrebt, wenn die Schüler invariantes Verhalten entwickelt haben; nach unseren Ergebnissen dürfte diese Voraussetzung bei der Mehrzahl der Sonderschüler erst im vierten oder fünften Schuljahr erfüllt sein.
2. Die Zahlen werden in Anbetracht der reduzierten Leistungsfähigkeit der Schüler unter bewußtem Verzicht auf eine Erlangung des Zahlbegriffs und unter Setzung des reduzierten Ziels "einfache Rechenoperationen ausführen können" vor dem Erreichen der Mengenkonstanz eingeführt.

In der Schule für Lernbehinderte wird ausschließlich die zweite Folgerung gezogen, wobei das variante / invariante Verhalten selbst wohl kaum als Ursache für diese didaktische Entscheidung angesehen werden kann. Gleichgültig, welcher der beiden hier aufgezeigten Wege auch beschritten werden, in jedem Falle muß dies in dem Bewußtsein geschehen, daß die Sonderschüler notwendig weit hinter den Leistungen der Grundschüler zurückbleiben. In Anbetracht der vermeintlich dauerhaft geminderten Leistungsfähigkeit der Sonderschüler einerseits und der von "Reifungsprozessen" abhängig angesehenen Invarianz andererseits wird eine mögliche Förderung der Schüler nicht in Betracht gezogen. Wir glauben demgegenüber jedoch, daß eine solche Förderung den einzigen Ausweg darstellt und sehen unter der Voraussetzung der Anwendung strukturorientierter Verfahren den Leistungsrückstand der Sonderschüler als reduzierbar an.

Dieser Ansatz, der sich notwendig zu bisherigen Vorstellungen diametral verhält, lehnt den Erwerb von Mechanismen dort ab, wo nur Erkenntnisse (das

Erfassen von Strukturzusammenhängen) Lebenssituationen meistern und verändern lassen. Des weiteren verurteilt er angesichts der nachgewiesenen Bedeutung der Umwelt für die Entwicklung bestimmter Leistungen ein fatalistisches Warten auf irgendwelche - vermeintlich für bestimmte intellektuelle Leistungen erforderliche - "Reifezustände" und betrachtet dieses als eine organisierte Minderqualifizierung.

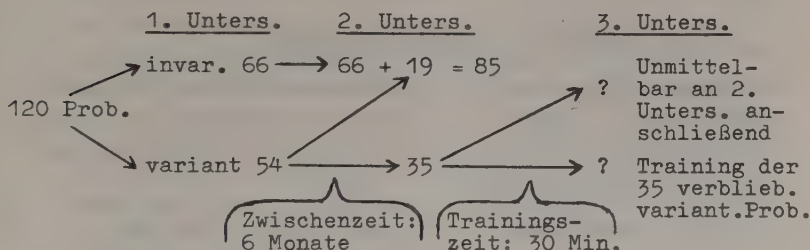
Kehren wir zu unserer Ausgangsfrage zurück, so muß in Anbetracht dieser Überlegungen folgende Hypothese erstellt werden: weder das Warten auf eine endogen begründete Entwicklung mengeninvarianten Verhaltens noch das (bewußte oder unbewußte) Überspringen bestimmter Lernvoraussetzungen (Invarianz als Voraussetzung für den Erwerb eines umfassenden Zahlbegriffs) stellt für das benachteiligte (und nicht nur für dieses) Kind eine Hilfe dar, sondern alleine die Entwicklung dieser Lernvoraussetzungen durch qualifizierende Elemente. Der Erwerb des Zahlbegriffs als Voraussetzung für eine sinnvolle Ausführung von Zahloperationen ist ohne mengeninvariantes Verhalten nicht denkbar, mengeninvariantes Verhalten stellt jedoch im Gegensatz zu den vorherrschenden statischen Auffassungen eine Fähigkeit dar, die ebenso wie alle anderen Fähigkeiten von der Förderung durch die Umwelt abhängig ist.

Um diese Hypothese überprüfen zu können, wurde versucht, mittels eines strukturorientierten Lernprogramms zu überprüfen, inwieweit invariantes Verhalten Gegenstand eines Lernprozesses sein kann.

4.2.2.2. Planung der Untersuchung

1. Einordnung der Untersuchung in das Gesamtverhalten, Fragestellung, Stichprobe.

In den Untersuchungen 1 und 2 waren von 120 aus der Gesamtstichprobe ausgewählten Kindern jeweils folgende Probanden invariant / variant:



66 der 120 Schüler zeigten bereits in der ersten Untersuchung invariantes Verhalten. Von den 54 verbliebenen Schülern wurden 19 im Verlaufe eines Halbjahres invariant, so daß von den ursprünglich 120 Schülern 35 auch nach der zweiten Untersuchung variantes Verhalten zeigten. Es gilt nun festzustellen, ob einige der 35 Schüler, die sich in der in Tabelle 30 dargestellten Weise auf vier Altersstufen verteilen, mit Hilfe eines auf Einsicht abzielenden strukturorientierten Trainingsprogramms unmittelbar von variantem in invariantes Verhalten übergeleitet werden können.

Dieses Ziel beinhaltet drei Fragestellungen, wobei die zweite nicht unabhängig von der ersten gesehen und beantwortet werden kann:

1. Läßt sich ein Programm konstruieren, das unmittelbar invariantes Verhalten erzeugt (objektive Voraussetzung)?
2. Lassen sich Schüler vom varianten zum invarianten Verhalten führen, ohne daß zuvor irgendwelche "innere Reifungsprozesse" abgewartet werden müssen (subjektive Voraussetzungen)?

3. Welche Lernvoraussetzungen müssen erfüllt sein, um zum invarianten Verhalten gelangen zu können?

Die im Sinne des vom Verfasser vertretenen Konzepts der Strukturaufbauten zu formulierende Hypothese lautet: "Mit Hilfe eines strukturorientierten, die Ausgangssituation des Lernenden beachtenden Programms ist es möglich, Schüler eines bestimmten Ausgangsplateaus unmittelbar vom varianten zum invarianten Verhalten zu führen."

2. Beschreibung des Trainingsprogramms

Das strukturorientierte Trainingsprogramm ist im Anhang dieser Arbeit dargestellt. Um seine Konstruktion besser erkennen zu können, seien im folgenden einige Konstruktionskriterien angeführt:

1. Da das invariante / variante Verhalten nur in Situationen festgestellt werden kann, in denen eine Transformation von Elementen zuvor als äquivalent erkannter Mengen vorgenommen wird, muß der Prüfung des Erkennens der Äquivalenz von Mengen mit Stück-für-Stück zugeordneten Elementen als Bedingung der weiteren Untersuchung invarianten Verhaltens besondere Beachtung geschenkt werden. Probanden, die die Äquivalenz von Mengen mit Stück-für-Stück zugeordneten Elementen nicht erkennen, können nicht auf variantes / invariantes Verhalten geprüft werden. Diese Prämisse wurde in bisherigen Untersuchungen häufig in nicht ausreichendem Maße beachtet.
2. Im Gegensatz zu den Untersuchungen 1 und 2, wo Reaktionen des Schülers ohne (inhaltliche) Gegenreaktion des Versuchsleiters notiert wurden, erfordert ein Trainingsprogramm ständig spontane Lernhilfen. Diese Lernhilfen können im wesentlichen durch eine nicht immer notwendig inhaltsbezogene Verstärkung, aber auch durch eine konsequente Hilfe bei der Verbalisierung des Beobachteten gegeben werden.
3. Der Lernende ist nicht nur dazu zu ermuntern, eine Entscheidung mit den möglichen Ausfällen "gleich", "mehr" oder "weniger" zu treffen, sondern diese Entscheidung

zu begründen.

4. Da in diesen Begründungen die Identität, die Komposition und die Reversibilität betont werden kann, müssen Hilfen Elemente dieser Leistungen enthalten.
5. Die Identität wird beständig dadurch angesprochen, daß der Proband vor der Transformation der Menge stets zur Feststellung der Gleichheit zweier gleichgeordneter Mengen aufgefordert wird. Der Versuchsleiter weist nach erfolgter Transformation und nach der Entscheidung des Probanden häufig darauf hin, daß auch die transformierten Mengen gleich sein müssen, da es sich um die gleichen Elemente handelt.

Die Reversibilität wird dadurch betont, daß eine Kontrolle der Aussage durch das Zurückgehen in die Ausgangssituation erfolgt. Die "empirische" Reversibilität soll "operatorische" Reversibilität provozieren. Dies ist nur möglich, wenn der Schüler der Reihenfolgen nach

- a) Vermutungen äußern,
- b) Handlungen vorstellend ausführen und
- c) durch eine konkrete Handlung überprüfen darf.

Hilfen für kompositive Argumente können nur schwer direkt durch eine besondere Konstruktion des Handlungsablaufs bei der Überprüfung und beim Training, sondern zumeist nur in Anlehnung an reversible oder identische Argumentationselemente verbal vom Versuchsleiter gegeben werden ("Dieses Glas ist schmaler, aber dafür höher", "Diese Perlenkette ist kürzer, dafür sind die Perlen dichter gesetzt").

6. Eine Gegensuggestion, die im zweiten Teil des Programmes seitens des VL erfolgt, soll die Vp zur verstärkten selbständigen und detaillierten Begründung seiner Entscheidung führen und rein mechanische Antworten verhindern (Provozierung assimilativer und akkommodativer Prozesse).

7. Die Items dieses Programms wurden in drei Itemgruppen gegliedert. Die Itemgruppe "Umschüttversuche A" enthält Items, die denen der Untersuchung 1 und Untersuchung 2 weitgehend entsprechen. In der Itemgruppe "Umschüttversuche B" wurde durch die Verteilung der Flüssigkeitsmenge auf verschiedene kleinere Gläser eine Modifikation der Umschüttversuche geschaffen. Die Itemgruppe "9-er-Versuche" entspricht weitgehend - den Kontrollversuch ausgenommen - der Untertestgruppe der Untersuchungen 1 und 2.

3. Ablauf des Trainings

Das Training erfolgte jeweils als Einzeltraining. Wie bei den Untersuchungen 1 und 2 wurde darauf geachtet, daß das Training in einem relativ ruhigen Raum durchgeführt werden konnte. Das Training selbst erfolgte jeweils während der zweiten oder dritten Unterrichtsstunde. Der genaue Trainingsablauf ist aus den im Anhang (S.C 20) abgedruckten Anweisungsbogen für das Trainingsprogramm abzulesen.

4. Überprüfung des Lernerfolgs

Die Prüfitems sind in das Lernprogramm eingebaut und stellen nach den Planungskriterien und den bisherigen Ergebnissen der Itemanalysen schwierigere Situationen dar, als die zuvor im Training durch die übrigen Items provozierten. Als Prüfitems fungierten in der Itemgruppe "Umschüttversuche A" das Item 5, in der Itemgruppe "Umschüttversuche B" das Item 9 und in der Itemgruppe "9-er-Versuche" das Item 3.

Das Prüfitem 1 (Umschüttversuch A) kann insofern nicht mit den beiden übrigen Items gleichgesetzt werden, als ihre Bewältigung lediglich durch Begründungen reversibler Art möglich ist, wogegen die beiden übrigen Items auch kompositive und identische Argumente zulassen.

Als invariant wurde der Proband angesehen, der ohne Einhilfe bei allen drei Versuchen die richtige Entscheidung traf und jeweils mindestens eine der drei möglichen Begründungen (Identität, Reversibilität, Komposition) gab.

4.2.2.3. Darstellung der Ergebnisse

Tabelle 30:

Gesamtleistung und Teilleistung der 35 Probanden der vier Altersstufen nach Abschluß des durchschnittlich 30-minütigen Trainings

Alters- stufen	N	Gesamt- leistungen- Zahl der invar.Prob.	Teilleistungen (Zahl der in- var.Prob.)		
			Umschüttversuch		9-er Ver- such
			A	B	
8	18	14	15	14	17
9	9	9	9	9	9
10	6	6	6	6	6
11	2	2	2	2	2
8 - 11	35	31	32	31	34

Von 35 Probanden, die auch nach der zweiten Untersuchung noch variantes Verhalten zeigten, lösten nach einem sich unmittelbar an die zweite Untersuchung anschließenden 30-minütigen Training 31 alle drei Prüfitems. Lediglich vier Probanden wiesen variantes Verhalten auf. Da die Bearbeitungszeit durchschnittlich 30 Minuten dauerte (bei einer maximalen Zeit von 45 Minuten), verifiziert sich unsere Hypothese einer möglichen unmittelbaren Überführung der Schüler vom varianten zum invarianten Verhalten in den durch die Items vorgegebenen Situationen und bei den bei den Schülern vorgefundenen Lernvoraussetzungen.

Bezieht man die Ergebnisse der Untersuchungen 1 und 2 in die Betrachtung mit ein, so läßt sich deutlich erkennen, daß eine "Wartezeit" von sechs Monaten sich weniger effektiv ausweist als ein 30-minütiges Training.

Diese Feststellung scheint umso bedeutsamer, wenn man zwei Punkte beachtet:

- 1) Da bei der Konstruktion der Prüfitems Kriterien berücksichtigt wurden, die aufgrund der Ergebnisse von Itemanalysen früherer Untersuchungen sich als erschwerend auf ein mögliches invariantes Verhalten auswirken (Teilmengenbildung, Richtungsänderung der Reihen), muß die Effektivität des Trainingsprogramms aufgewertet werden.
- 2) Von besonderer Bedeutung scheint weiterhin die Feststellung, daß die für das Training verbliebenen Probanden einen mittleren IQ von 70,1 aufweisen (vgl. Tabelle 31) und somit unter der mittleren Leistung der Population der "lernbehinderten Sonderschüler" liegen, die nach SCHMALOHR einen mittleren IQ von 76,5 haben. Diese zuletzt verbliebene Trainingsgruppe verfügt über einen niedrigeren IQ-Mittelwert als die Gruppe der 19 Probanden, die im Verlaufe der sechs Monate zur Konstanz gelangten (IQ = 76,5). Die zuletzt genannte Gruppe wiederum ist hinsichtlich der Intelligenz unter der Gruppe der 66 Probanden einzustufen, die bereits in der ersten Untersuchung invariant war (IQ = 83,9).

Tabelle 31:

Mittlerer IQ (HAWIK) der Probanden der verschiedenen Altersstufen: Trainingsgruppe

		Altersstufen			
		8	9	10	11
N		18	9	6	2
$\bar{x}$ - IQ		71,1	71,7	67,5	62

Trotz dieser selbst für die Gruppe der Lernbehinderten unterdurchschnittlichen intellektuellen Leistung der Trainingsgruppe und trotz der Ausschaltung der Zeit und damit eventueller Reifungsprozesse sind die meisten Probanden zur Mengenkonzanz gelangt. Dies spricht zumindest bei Kindern dieses Alters gegen eine dominierende Bedeutung der Reifung, sondern vielmehr für eine (überragende) Dominanz des Lernens.

Für die vier Schüler, die invariantes Verhalten nicht erreichten, scheint das Programm von einem zu hohen Plateau auszugehen, und bestimmte Lernvoraussetzungen scheinen (Erkennen von Äquivalenz und Ungleichheit) nicht gegeben zu sein. Zwei der vier 8-jährigen Probanden sind in Anbetracht ihrer sonstigen Leistungen (IQ = 56 und 59) als praktisch bildbar, die anderen beiden als für ihre Leistungsgruppe unterdurchschnittlich einzustufen.

4.2.2.4. Zusammenfassung

Mittels eines strukturorientierten Trainings gelangten 31 der 35 in der zweiten Untersuchung variant verbliebenen Probanden innerhalb von 30 Minuten zur Invarianz. Damit wird auch der zweite Teil unserer Hypothese verifiziert: invariantes Verhalten kann unter Beachtung bestimmter Lernvoraussetzungen und bei der Anwendung strukturorientierter Verfahren erlernt werden.

4.2.3. Die Beziehung zwischen der "Invarianz-Leistung", der allgemeinen Intelligenz (HAWIK) und dem Lebensalter

1. Untersuchung 1

Die oben aufgezeigten Ergebnisse, die für die Kinder der untersuchten Altersstufen dem Lernfaktor beim Erwerb invarianten Verhaltens eine höhere Bedeutung beimessen als dem Zeitfaktor (langsame Entwicklung per se), entsprechen anscheinend nicht denjenigen, die man gewinnt, wenn die Beziehung zwischen der Invarianz-Leistung und dem Alter sowie zwischen der Invarianz-Leistung und der Intelligenz bei den 117 Kindern¹⁾ der engeren Stichprobe überprüft wird.

Tabelle 32:

Beziehung zwischen der Invarianz-Leistung, dem Alter und der Intelligenz, errechnet an den Leistungen der Schüler in der Untersuchung 1 (N = 117)

Beziehung	R	Bed.	r_{xy}	Bed.
VI Q - Invar.	0,28	s s	0,24	s s
HI Q - Invar.	0,22	s	0,20	s
I Q - Invar.	0,36	s s	0,35	s s
Alter - Invar.	0,54	s s	0,54	s s
VI Q - Alter	0,03	n s	0,02	n s
HI Q - Alter	0,06	n s	0,05	n s
I Q - Alter	0,10	n s	0,07	n s

1)

Es lagen nur von diesen Kindern der Stichprobe 1 und von den 100 Probanden der Stichprobe 2 Ergebnisse der Intelligenztests (HAWIK) vor.

Wegen der bei einigen Verteilungen nicht bestehenden Normalverteilung erfolgte zunächst eine Berechnung der Rangkorrelationskoeffizienten. Diese wurde später durch die Berechnung der Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten (r_{xy}) ergänzt, nachdem zuvor eine generelle Transformation aller Werte in T-Werte vorgenommen worden war. Beide Berechnungen bringen den gleichartigen Befund, daß die Invarianz-Leistung mit dem Verbal-IQ, dem Handlungs-IQ und dem Gesamt-IQ schwächer korreliert als mit dem Alter.

Stellen wir nun die Frage nach der Bedeutsamkeit der unterschiedlichen Enge des Zusammenhanges, so erhalten wir mit $t = 1,9327$ (r_{xy}) und $t = 1,8285$ (R) Werte, die den für $p = 5\%$ kritischen Wert von $t = 1,984$ nicht erreichen. Die Korrelation zwischen der Invarianz - Leistung und dem Lebensalter sowie zwischen der Invarianz - Leistung und der Intelligenz kann somit als noch zufällig unterschiedlich bezeichnet werden.

Da die bei den vorgenommenen Berechnungen jeweils nicht berücksichtigte Variable mit jeweils einer der beiden anderen Variablen korreliert, kann diese den Koeffizienten zwischen den beiden anderen Variablen beeinträchtigen. Es wurde daher zusätzlich mit dem partiellen Korrelationskoeffizienten ein Wert berechnet, der als Maß für den Zusammenhang zweier Variablen unter Elimination der dritten Variablen gelten kann.

Tabelle 33:

Partielle Korrelationen zwischen den Variablen Invarianz, Lebensalter und Intelligenz

Beziehung	R	Bed.	r_{xy}	Bed.
Invarianz - IQ	0,476	s s	0,477	s s
Invarianz - Alter	0,664	s s	0,661	s s

Die Eliminierung der Störung der dritten Variablen ließ die Korrelation zwischen den beiden übrigen Variablen ansteigen.

Zwischen dem IQ und dem invarianten Verhalten sowie zwischen dem Alter und dem invarianten Verhalten läßt sich nun ein Koeffizient ermitteln, der von der Beziehungslosigkeit $r = 0,0$ sehr bedeutsam positiv abweicht.

2. Untersuchung 2:

Beziehung zwischen dem invarianten Verhalten, dem Alter und der Intelligenz in der Untersuchung 2

Zur näheren Information sind im folgenden die für die Untersuchung 2 errechneten Koeffizienten in der Tabelle 34 zusammengestellt:

Tabelle 34:

Korrelationen beziehungsweise partielle Korrelationen zwischen den Variablen IQ und LA in der Untersuchung 2

	Beziehung	R	Bed.	r_{xy}	Bed.
1. Korrelation	Inv. - IQ	0,41	s s	0,36	s s
	Inv. - LA	0,58	s s	0,57	s s
	IQ - LA	0,10	n s	0,07	n s
2. part.Korrel.	Inv. - IQ	0,57	s s	0,51	s s
	Inv. - LA	0,75	s s	0,71	s s

Gegenüber der Untersuchung 1 sind bis auf die für uns an dieser Stelle "uninteressante" Beziehung zwischen der Intelligenz und dem Lebensalter durchweg höhere Werte erzielt worden. Eine Überprüfung der Differenzen zwischen den nach z transformierten r - Werten der Untersuchung 1 und der Untersuchung 2 mittels des t - Tests (vgl. CLAUS/EBNER, S. 249 ff) brachte jedoch für alle Vergleiche keine

bedeutsamen Unterschiede. Mit einem $t = 1,887$ (Ausgangswerte: R - Werte) und mit einem $t = 2,177$ (Ausgangswerte: r_{xy} - Werte) werden nun jedoch auf die Frage, ob das invariante Verhalten mit dem LA höher korreliert als mit dem IQ, Werte im t - Test erreicht (vgl. MITTENECKER, S. 108), die dem für $p = 5$ Prozent (bei $df = 114$) kritischen Wert von 1,970 nahekommen, beziehungsweise diesen übersteigen. Wir können also zumindest für die auf der Basis der Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten errechneten Beziehungen von einem bedeutsam größeren Zusammenhang zwischen dem invarianten Verhalten und dem Alter als zwischen dem invarianten Verhalten und der Intelligenz sprechen.

Prüfen wir nun, inwieweit das invariante Verhalten zugleich von der Intelligenz und dem Lebensalter abhängt (vgl. SACHS, S. 353), so läßt sich ein multipler Korrelationskoeffizient $R_{123} = 0,730$ (R) beziehungsweise $R_{123} = 0,677$ (r_{xy}) ermitteln. Beide Koeffizienten weichen sehr bedeutsam von $R = 0,0$ ab. Das invariante Verhalten hängt also zugleich von dem Lebensalter und von der Intelligenz ab.

3. Interpretation

Bei der Untersuchung der Effektivität eines strukturorientierten Programms zum Erlernen invarianten Verhaltens hatten wir als wichtigstes Ergebnis die Trainierbarkeit invarianten Verhaltens und somit deren - zumindest für Kinder der untersuchten Altersstufe und bei gegebenen Lernvoraussetzungen - weitgehende Unabhängigkeit von einer eigenständigen Reifung festgestellt. Nun konnte jedoch demgegenüber bei der obigen weiteren Auswertung der Ergebnisse der Untersuchung 1 und 2 eine Abhängigkeit der Invarianz aufgezeigt werden, wobei sich die Abhängigkeit vom Alter als bedeutsam höher (Untersuchung 2) herausstellte.

Der hier offenbar werdende scheinbare Widerspruch läßt sich auflösen, wenn man bedenkt, daß die Untersuchungen 1 und 2 an nicht trainierten "von zufälligen Vorerfahrungen abhängigen" Kindern durchgeführt worden ist. Bei diesen Kindern setzt invariantes Verhalten notwendig erst dann ein, wenn die entsprechenden Vorerfahrungen¹⁾ gemacht worden sind. Dies ist zu je verschiedenen Zeitpunkten möglich. In jedem Falle ist jedoch mit zunehmendem Alter auch das invariante Verhalten ein zunehmend häufiger einkalkulierbares Ereignis. Die vorgefundenen Korrelationen zwischen dem invarianten Verhalten und dem Alter können aber in diesem Sinne nicht als Maß einer wechselseitigen Abhängigkeit zwischen den beiden Variablen, sondern eher als Maß der Abhängigkeit der Invarianzleistung von der Vorerfahrung angesehen werden. Wird die erforderliche Vorerfahrung punktuell geliefert, so tritt invariantes Verhalten auch punktuell ein (vgl. den Lernerfolg mittels des Trainingsprogramms). Die Korrelation zwischen der Intelligenz und dem invarianten Verhalten läßt sich in gleicher Weise klären.

1) Im Sinne von PIAGET müßte exakter formuliert werden: "wenn die Stadien der Entwicklung eines operativen Denkens durchlaufen sind". Im Gegensatz zur PIAGET'schen Auffassung sehen wir jedoch keine Veranlassung, von Entwicklungsstadien zu sprechen, sondern von der Bewältigung von Lern-elementen.

4.2.4. Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung hatte die Entwicklung der Mengenkonstanz bei Lernbehinderten zum Gegenstand. Es sollte beim genannten Probandenkreis sowohl der gegenwärtige Leistungsstand als auch die mögliche Leistung bei der Schaffung günstiger Lernvoraussetzungen überprüft werden.

Die Untersuchung gliederte sich daher notwendig in drei Teiluntersuchungen auf:

- in eine 1. Querschnittsuntersuchung von 325 Sonderschülern der Altersstufen 6 bis 11,
- in eine 2. Untersuchung, in der 120 Probanden der 1. Untersuchung nach einem Abstand von einem halben Jahr erneut mit dem gleichen Prüfinstrumentarium überprüft wurden,
- in eine Längsschnittuntersuchung, in der den in der 2. Untersuchung als variant diagnostizierten Kindern mit Hilfe eines strukturorientierten Trainingsprogramms die Möglichkeit zur Erlangung invariante Verhaltens geboten werden sollte.

In den drei Teiluntersuchungen konnten folgende wesentliche Ergebnisse ermittelt werden:

Untersuchung 1:

1. Faßt man die Probanden zu Altersgruppen zusammen, so sind erst die 11-jährigen mit einem Anteil von 90 Prozent invarianter Schüler als mengenkonstant zu bezeichnen. Die 7-jährigen sind dagegen nur zu 10 Prozent, die 8-jährigen zu 27 Prozent, die 9-jährigen zu 47 Prozent mengeninvariant. Erst die 10-jährigen überschreiten mit einem Anteil von 64 Prozent konstanter Probanden die 50-Prozent-Hürde.

2. Legt man die von LAUX an Grundschulern gewonnenen Befunde zugrunde, so läßt sich je nach Alter und Intelligenz ein Entwicklungsrückstand der Sonderschüler von mindestens ein bis zwei Jahren konstatieren. In zwei exemplarisch ausgewählten Items bestehen zwischen den 6-jährigen Grundschulern und lernbehinderten Sonderschülern keine, zwischen den 7- beziehungsweise 8-jährigen jedoch bedeutsame bis sehr bedeutsame Unterschiede. In der Gruppe der 10-jährigen Sonderschüler befindet sich der gleiche Anteil invarianter Probanden wie in der Gruppe der 8-jährigen Grundschüler.
3. Die unter 2. getroffene Aussage bedarf insofern einer Einschränkung, als nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung die globale Unterscheidung "mengenvariant - mengeninvariant" nur im Zusammenhang mit der Situation, in der invariantes Verhalten gezeigt werden soll, möglich ist. Es bestehen sehr bedeutsame Unterschiede nicht nur zwischen den Itemgruppen "9-er-Versuch" - "Umschüttversuch", sondern auch zwischen den Items innerhalb der Itemgruppen (Die Ergebnisse des Vergleichs der Items wurden oben nicht näher dargestellt).

Untersuchung 2:

1. Von den 325 Probanden der Untersuchung 1 konnten 120 der Altersstufen 8, 9, 10 und 11 nach sechs Monaten nachgetestet werden. Im 9-er-Versuch waren alle 85 und im Umschüttversuch alle 66 der in der 1. Untersuchung invarianten Schüler invariant geblieben.
2. Von den 35 im 9-er-Versuch und den 54 im Umschüttversuch varianten Schüler der Untersuchung 1 erwiesen sich in der zweiten Untersuchung 9 beziehungsweise 19 als invariant. Da alle Probanden, die sich im Umschüttversuch als invariant erwiesen, auch im 9-er-Versuch Mengenkonstanz feststellten, kann die Aussage getrof-

fen werden, daß innerhalb eines halben Jahres der Anteil invarianter Schüler von 55 Prozent auf 71 Prozent gestiegen ist. 29 Prozent der Probanden waren allerdings noch immer variant.

Untersuchung 3:

1. Allen 35 der in der Untersuchung 2 varianten Schülern wurde unmittelbar nach Abschluß der Untersuchung mit Hilfe eines strukturorientierten Programms die Möglichkeit geboten, Einsicht in die Konstanz der Mengen zu gewinnen. Nach einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von 30 Minuten blieben lediglich vier Kinder invariant.
2. Vergleicht man die innerhalb eines halben Jahres eingetretene "unbeeinflusste" Leistungsveränderung mit der innerhalb maximal einer Stunde eingetretenen "beeinflussten", so steht einem prozentualen Anstieg invarianter Kinder von 35 Prozent ein solcher von 89 Prozent gegenüber.

4.2.5. Schlußfolgerungen :

Aus den Befunden erhärtet sich die Hypothese, daß invariantes Verhalten zumindest bei Kindern untersuchten Alters und untersuchter Lernvoraussetzungen primär Produkt eines Lernprozesses und nicht das Ergebnis einer Reifung ist. Diesem Befund widerspricht der Tatbestand nicht, daß die invariante Leistung mit dem Alter höher korreliert als mit der allgemeinen Intelligenz, da invariantes Verhalten als Produkt eines Lernprozesses von Erfahrungen abhängig ist und somit bei höherem Alter die Wahrscheinlichkeit invarianten Verhaltens notwendig größer sein muß als in jüngerem Alter.

Wenn nun aber invariantes Verhalten erlernt werden kann, so scheint es erforderlich, daß auch Sonderschülern vor der Konfrontation mit Zahlen die Möglichkeit des Erkennens der Konstanz von Mengen geboten werden muß, um darauf aufbauend zum Begriff der Kardinalzahl gelangen zu können.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen die Fragwürdigkeit gegenwärtigen Mathematikunterrichts an der Schule für Lernbehinderte deutlich erkennen: Ohne dem Schüler die Chance zum Erwerb der Invarianz (vgl. die oben dargestellte Analyse der Lehrpläne und Unterrichtswerke) und damit direkt auch zum Erwerb des Zahlbegriffs zu geben, hat dieser Zahloperationen auszuführen, wodurch natürlich wiederum die Qualität dieser "Operationen" beeinflußt wird. Schulisches Versagen bürdet somit einer Gruppe von in der Vorschulzeit nicht im üblichen Maße geförderten Kindern notwendig Schulversagen auf, das wiederum zu ("auf die geminderten Fähigkeiten des Kindes abgestimmten") didaktischen Maßnahmen des Nichtansprechens eben jener "Leistungsausfälle" führt. Der Schüler befindet sich in einem didaktischen *circulus vitiosus* mit für ihn und die Entwicklung seiner Fähigkeiten verheerenden Folgen.

Alleine das hier aufgezeigte Leistungsdefizit der Schule läßt zwangsweise eine optimale Organisation weiterer mathematischer Lernprozesse nicht zu. Minderleistungen sind somit schon aus dieser Sicht bei der folgenden Überprüfung der arithmetischen Leistung von Lernbehinderten in verschiedenen Zahlbereichen zu erwarten.

4.3. Untersuchung zur Abhängigkeit des Lernerfolgs
von Sonderschülern von den durch die gegen-
wärtigen didaktischen Konzepte festgelegten
Bedingungen

- Überprüfung der Hypothese 3 -

Allgemeine Vorüberlegungen

Bei der Untersuchung des mengeninvarianten Verhaltens von lernbehinderten Sonderschülern hatten wir feststellen müssen, daß die Schule durch die Nichtbeachtung wesentlicher Lernvoraussetzungen für die von ihr ausgewählten Inhalte notwendig zum Versagen gerade der Schüler beiträgt, die durch ihre Umwelt ohnehin schon zumeist einer devianten Sozialisation ausgesetzt waren.

Nun ist das Gegenargument denkbar, daß dieses aufgezeigte Manko gegenwärtiger didaktischer Praxis einem übermächtigen Haben-Konto abgesicherter Maßnahmen gegenübersteht und somit nur eine untergeordnete Störung auf den organisierten Lernprozeß ausüben kann.

So ist in der Tat zunächst einmal festzustellen, daß im Feld didaktischer Entscheidungen die Auswahl der Inhalte, die zu Beginn der Schulzeit vermittelt werden sollen, nur einen kleinen, wenn auch nachgewiesenermaßen sehr wichtigen, Ausschnitt darstellt. Einen weitaus größeren Raum nehmen die Auswahl, die Anordnung und die Begründung der Folgeinhalte ein. Bei der unter anderem durch KLAFFKI (1958) am Modell der didaktischen Analyse aufgezeigten Verflechtung der Faktoren, die die didaktische Entscheidung beeinflussen, sind jedoch Fehlentscheidungen leicht möglich. Diese dürften besonders dann leicht unterlaufen, wenn der Faktor "Schüler" durch individuell variierende Behinderungen und Restfähigkeiten eine je spezifische didaktische Konsequenz erfordert.

Umso überraschender ist jedoch gerade der in verschiedenen didaktischen Konzepten der Schule für Lernbehinderte festzustellende hohe Anteil gleichförmiger

Entscheidungen, die mehr oder minder ihre Begründung in der reduzierten Fähigkeit der Schüler und in der Bildung für den späteren Lebensrahmen tragen. Am Beispiel des Inhalts: "Operieren in verschiedenen Zahlbereichen" soll nun überprüft werden, wie dieser Inhalt gegenwärtig aufbereitet wird und zu welchen Resultaten der auf diesem didaktischen Fundament aufbauende Unterricht führt. Es wird vor allem zu überprüfen sein, inwieweit die Schüler gegenwärtig bei der Lösung strukturgleicher Items aus verschiedenen Zahlbereichen gleiche Leistungen erzielen und damit letztlich dokumentieren, daß sie den mathematischen Gehalt des Inhalts "Positionssystem" erfaßt haben (vgl. S.60f).

Des weiteren werden die Operationen selbst hinsichtlich des Niveaus ihrer Bewältigung einer Analyse unterzogen, wobei hier wiederum der quantitative Vergleich des Lösungsanteils von Umkehroperationen Rückschlüsse auf das Erfassen der Struktur der Operation zuläßt. Da nach den bisherigen Lehrplänen die Zahlbereiche von Schuljahr zu Schuljahr schrittweise erweitert werden, sind in diese Untersuchung möglichst Schüler unterschiedlicher Schulbesuchszeit einzubeziehen (U n t e r s u c h u n g 3.1.).

Die Einschätzung der Leistung der Sonderschüler ist ohne die Kenntnis der Leistung der Grundschüler nicht möglich. Eine vergleichende Untersuchung zweier größerer Stichproben der Populationen Grundschüler und Sonderschüler des dritten und vierten Schulbesuchsjahres soll sowohl dieser Intention als auch der Beantwortung zusätzlicher - aus der Untersuchung 1 - sich ergebender Fragen dienen (U n t e r s u c h u n g 3.2.).

Die Untersuchungen 3.1. und 3.2. ermöglichen Aussagen über den Leistungsstand der Schüler unter den gegebenen Voraussetzungen. Um nun der Beantwortung der Frage nach der Effizienz gegenwärtiger Praxis näher zu kommen und damit zusammenhängend wiederum Hinweise auf die Gültigkeit gegenwärtiger Einschätzung des Leistungsvermögens

von sogenannten Lernbehinderten zu erhalten, ist es erforderlich, die Effizienz heutiger Praxis der einer modifizierten Praxis gegenüberzustellen.

Dies soll später bei der Überprüfung der Hypothese 4 durch die Untersuchung 4.1. und 4.2. geschehen.

4.3.1. Die arithmetischen Leistungen von lernbehinderten Sonderschülern der Klassen 3 bis 9 bei strukturgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen und bei zahlgleichen Umkehroperationen

- Überprüfung der Hypothesen 3.1. und 3.2. -

4.3.1.1. Untersuchungsplanung

1.) Anliegen der Untersuchung

Die Untersuchung soll darüber Aufschluß geben, inwieweit lernbehinderte Sonderschüler bei den gegenwärtig angewandten Methoden und vermittelten Inhalten die Strukturgleichheit von Operationen in verschiedenen Zahlbereichen und von Umkehroperationen erkennen können. In Verbindung mit einer weiteren Untersuchung, in der neben dem hier zu ermittelnden Leistungs-Iststand der mögliche Leistungsstand bei einem Wechsel des didaktischen Konzepts überprüft wird, sollen Rückschlüsse auf die Adäquatheit gegenwärtiger didaktischer und methodischer Entscheidungen gezogen werden. Dabei wird das Verfahren als adäquat angesehen, das dem Schüler (angesichts seiner Lernvoraussetzungen und Lernmöglichkeiten) ebenso wie dem Inhalt (und den Lernanforderungen, seiner Struktur) gerecht wird und damit ein strukturorientiertes Erfassen des Gegenstandes ermöglicht.

Die vorliegende Untersuchung soll Informationen über die Effektivität jetziger Methoden einerseits und über das Leistungsvermögen der lernbehinderten Sonderschüler

andererseits liefern und damit zur Verbesserung künftigen Mathematikunterrichtes beitragen.

2.) Ziel der Untersuchung

Ziel der Untersuchung ist die Überprüfung der Hypothesen 3.1. und 3.2.

Sie soll darüber Auskunft geben, ob

1. die in der Strukturfeldanalyse als strukturgleich beziehungsweise strukturverwandt ausgewiesenen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen vom Schüler als solche erkannt werden (Gleichheit der Operation in verschiedenen Zahlbereichen),
2. reversible (und damit wiederum strukturgleiche) Operationen als reversibel erkannt werden (Gleichheit der Zahlverhältnisse bei Addition, Subtraktion, Ergänzen+, Ergänzen-),¹⁾
3. Schüler der verschiedenen Sonderschuljahrgangsklassen unterschiedliche Leistungen bei den strukturgleichen Operationen aufweisen.

3.) Untersuchungsmethode

Da zur Prüfung des Erkennens strukturgleicher Operationen kein geeignetes Prüfverfahren zur Verfügung stand, mußte ein solches erstellt werden. Inhaltlich sollte diese Prüfung - wie bereits erwähnt - an "zahlgleichen" Operationen in verschiedenen Zahlbereichen und an den Umkehroperationen Addition - Subtraktion, "Ergänzen+" - "Ergänzen-" orientiert sein.

¹⁾ "Ergänzen+": $3 + = 10$
"Ergänzen-": $10 - = 3$

Aus den obigen Überlegungen zum Strukturfeld des Inhaltes "Positionssystem" geht hervor, daß Operationen der Art:

$$\begin{array}{r} 5 + 3 = \\ 105 + 3 = \\ 1315 + 3 = \end{array}$$

unter der Voraussetzung der Kenntnis der Struktur des Positionssystem jeweils die gleiche Operation ($5 + 3 =$) erfordern.

Die Operationen

$$5 + 3 = \quad \text{und} \quad 8 - 3 =$$

dagegen sind Umkehroperationen, die grundsätzlich immer dann in gleicher Qualität bewältigt werden müssen, wenn die Addition - und damit notwendig zugleich auch die Subtraktion als Operation - erfaßt worden ist. Ein Verständnis der Addition ist unerres Erachtens ohne das der Subtraktion nicht möglich und umgekehrt.

In Anlehnung an diese Überlegungen gehen wir bei der Überprüfung des Erkennens strukturgleicher Operationen grundsätzlich von dem Schluß aus, daß eine bedeutsam unterschiedliche Bewältigung strukturgleicher Items auf eine mangelnde Erfassung der Struktur zurückzuführen ist.

Folgende Items folgender Struktur wurden zur Überprüfung genannter Leistungen ausgewählt: (s. S.229a)

In diesem Strukturschema sind jeweils in der Horizontalen die Umkehroperationen und in der Vertikalen strukturgleiche Operationen aus verschiedenen Zahlbereichen aufgezeigt. Wie aus folgenden Auswertungsmatrizen weiterhin erkennbar ist, wird außerdem zwischen den Itemformen a , b, c und d unterschieden.

Items zur Prüfung
des Erkennens
strukturgleicher
Operationen

Umkehroperationen
- Reversibilität -

1. Operationen
ohne Übergang

	<u>Addition</u>	<u>Subtraktion</u>	<u>Addition</u> "Ergänzen +"	<u>Subtraktion</u> "Ergänzen -"
--	-----------------	--------------------	---------------------------------	------------------------------------

A+

A-

A - E-

Grund-
operation
tion
1 - 10
A₁

2 + 6
 6 + 3
 3 + 7

8 - 6
 9 - 3
 10 - 7

2 + = 8
 + 3 = 9
 3 + = 10

8 - = 2
 - 3 = 6
 10 - = 3

1. indirekter
Transfer
10 - 20
A₂

10 + 4
 11 + 7
 12 + 8

14 - 4
 18 - 7
 20 - 8

+ 4 = 14
 11 + = 18
 + 8 = 20

- 4 = 10
 18 - = 11
 - 8 = 12

2. indirekter
Transfer
20 - 100
A₃

20 + 7
 22 + 6
 84 + 6
 98 + 2

27 - 7
 28 - 6
 90 - 6
 100 - 2

20 + = 27
 + 6 = 28
 84 + = 90
 98 + = 100

27 - = 20
 - 6 = 22
 90 - = 84
 100 - = 98

Strukturgleiche Operationen in verschiedenen

Zahlbereichen

Periodische Wiederholung der Grundoperationen - direkter und

Indirekter Transfer

B₁

B₂

B₃

1. direkter Transfer

ZB: 100 - 1000

B ₁ 102 + 6 206 + 3 103 + 7	B ₁ 108 - 6 209 - 3 110 - 7	B - E ₁ 102 + = 108 + 3 = 209 103 + = 110	B - E ₁ 108 - = 102 - 3 = 206 110 - = 103
B ₂ 410 + 4 111 + 7 312 + 8	B ₂ 414 - 4 118 - 7 320 - 8	B - E ₂ + 4 = 414 111 + = 118 + 8 = 320	B - E ₂ - 4 = 410 - = 111 - 8 = 312
B ₃ 620 + 7 822 + 6 884 + 6 998 + 2	B ₃ 627 - 7 828 - 6 890 - 6 1000 - 2	B - E ₃ 620 + = 627 + 6 = 828 884 + = 890 998 + = 1000	B - E ₃ 627 - = 620 - 6 = 822 890 - = 884 1000 - = 998

2. direkter Transfer

ZB: 1000 -

C₁

C₂

C₃

C ₁ 2102 + 6 2206 + 3 4103 + 7	C ₁ 2108 - 6 2209 - 3 4110 - 7	C - E ₁ 2102 + = 2108 + 3 = 2209 4103 + = 4110	C - E ₁ 2108 - = 2102 - 3 = 2206 4110 - = 4103
C ₂ 5410 + 4 12111 + 7 132312 + 8	C ₂ 5414 - 4 12118 - 7 123320 - 8	C - E ₂ + 4 = 5414 12111 + = 12118 + 8 = 123320	C - E ₂ - 4 = 5410 12118 - = 12111 - 8 = 123312
C ₃ 1534520 + 7 74822 + 6 8884 + 6 99998 + 2	C ₃ 1534627 - 7 74828 - 6 8890 - 6 100000 - 2	C - E ₃ 1534620 + = 1534627 + 6 = 74828 8884 + = 8890 99998 + = 100000	C - E ₃ 1534627 - = 1534620 - 6 = 74822 8890 - = 8884 100000 - = 99998

3. Indirekter Transfer

Erweiterter Summand/
Subtrahend

	<u>D₁</u>		<u>D₂</u>		<u>D₃</u>	
	D ₁ ⁺	D ₁ ⁻	D ₂ ⁺	D ₂ ⁻	D ₃ ⁺	D ₃ ⁻
D ₁	30 + 40	70 - 40	300 + 400	700 - 400	6000 + 3000	801
	40 + 27	67 - 27	400 + 270	670 - 270	5400 + 2000	- 534
	53 + 30	83 - 30	620 + 300	920 - 300	4230 + 4000	
	27 + 62	89 - 62	250 + 340	590 - 340	6345 + 3000	110961
			432 + 300	732 - 300	2200 + 6400	- 38576
D ₂			312 + 260	572 - 260	3640 + 2350	
			725 + 243	968 - 243	2345 + 6254	
					12354 + 4530	
					73256 + 432	
D ₃						
D ₄						

2. Operationen mit Übergang

Addition Subtraktion Addition "Ergänzen + " Subtraktion "Ergänzen -"

E ₁ 1 - 100	8 + 4	12 - 4	8 + = 12	12 - = 8
	3 + 8	11 - 8	+ 8 = 11	- 8 = 3
	19 + 5	24 - 5	19 + = 24	24 - = 19
	86 + 7	93 - 7	+ 7 = 93	- 7 = 86
	97 + 6	103 - 6	97 + = 103	103 - = 97
E ₂ 100 - 1000	108 + 5	113 - 5	+ 5 = 113	- 5 = 108
	203 + 9	212 - 9	203 + = 212	212 - = 203
	419 + 6	425 - 6	+ 6 = 425	- 6 = 419
	586 + 8	594 - 8	586 + = 594	594 - = 586
	997 + 7	1004 - 7	+ 7 = 1004	- 7 = 997
E ₃ 1000 - ∞	3208 + 4	3212 - 4	3208 + = 3212	3212 - = 3208
	5303 + 8	5311 - 8	+ 8 = 5312	- 8 = 5303
	125019 + 5	125024 - 5	125019 + = 125024	125024 - = 125019
	13486 + 7	13493 - 7	+ 7 = 13493	- 7 = 13486
	9997 + 6	10003 - 6	9997 + = 10003	10003 - = 9997
E ₄ Zweistell. Summand/ Subtrahend	38 + 84	122 - 84	+ 84 = 122	- 84 = 38
	73 + 88	161 - 88	73 + = 171	101 - = 73
	429 + 75	504 - 75	+ 75 = 504	- 75 = 429
	646 + 57	703 - 57	646 + = 703	703 - = 646

Auswertungsmatrix: Operationen mit Zehnerübergang

E	ZÜ	+					-					E+					E-					Σ				
		e	f	g	h	i	e	f	g	h	i	e	f	g	h	i	e	f	g	h	i	e	f	g	h	i
1-100	e	-					-					-					-					-				
	f		-					-					-					-					-			
	g			-					-					-					-					-		
	h				-					-					-					-					-	
100	i					-					-					-						-				
	e	-					-					-					-					-				
	f		-					-					-					-					-			
	g			-					-					-					-					-		
1000	h				-					-					-					-					-	
	i					-					-					-						-				
	e	-					-					-					-					-				
	f		-					-					-					-					-			
→ ∞	g			-					-					-					-					-		
	h				-					-					-					-					-	
	i					-					-					-						-				
	e	-					-					-					-					-				
+ ZE	f		-					-					-					-					-			
	g			-					-					-					-					-		
	h				-					-					-					-					-	
	i					-					-					-						-				
Σ																										

Die Itemgruppen beinhalten Operationen folgender Struktur:

	<u>Struktur</u>	<u>Beispiel</u>	<u>Struktur</u>	<u>Beispiel</u>
a)	$Z + E = ZE$	$10 + 4 =$	$ZE - E = Z$	$14 - 4 =$
b)	$ZE + E = ZE$	$11 + 7 =$	$ZE - E = ZE$	$18 - 7 =$
c)	$ZE + E = Z$	$12 + 8 =$	$Z - E = ZE$	$20 - 8 =$
d)	$HZE + E = H/T$	$98 + 2 =$	$T/H - E = HZE/ZE$	$100 - 2 =$

Die Itemgruppe d wurde in der folgenden Auswertung nicht berücksichtigt.

In jedem Zahlbereich wurden mindestens drei Aufgaben (je eine einer jeden Itemart) - und diese wiederum jeweils noch in den Umkehroperationen "+" und "-", sowie "E+" und "E-" - dargeboten. Insgesamt hatte ein Schüler also jeweils 12 Aufgaben in jedem der neun Zahlbereiche zu lösen.

Die Items einer jeden Itemgruppe entsprachen in den neun Zahlbereichen einander in folgender Art:

$$\begin{array}{l} 2 + 6 \\ 22 + 6 \\ 102 + 6 \\ 2102 + 6 \text{ usw.} \end{array}$$

Aufgrund dieser Itemkonstruktion wird die Leistung in den verschiedenen Zahlbereichen vergleichbar und eine eventuell bestehende unterschiedliche Leistung in verschiedenen Zahlbereichen als durch fehlende Kenntnis des Positionssystems bedingt erklärbar.

4.) Durchführung der Untersuchung

Die in der Übersicht dargestellten Items wurden auf insgesamt fünf DIN A5-Blätter so verteilt (s. Anhang S. D 1 f.), daß auf jedem der Blätter 25 Items verzeichnet waren, die sowohl den Inhalten des dritten Schuljahres als auch denen des neunten Schuljahres entsprachen. Die einzelnen Blätter wurden an jeweils fünf verschiedenen Tagen in der zweiten beziehungsweise dritten Unterrichtsstunde den Schülern vorgelegt.

Die Probanden erhielten folgende Anweisung:

"Auf diesem Blatt sind verschiedene Rechenaufgaben, ganz leichte und sehr schwere. Versucht jetzt, in jedem Päckchen die Aufgaben zu rechnen, von denen ihr glaubt, daß ihr sie rechnen könnt. Wenn ihr in einem Päckchen nicht mehr weiterkommt, so ist das gar nicht schlimm, dann fangt ihr mit einem neuen Päckchen an. Euer Lehrer wird von den Ergebnissen nichts erfahren. Strengt euch aber trotzdem an, so gut es geht."

Jeder Schüler hatte für jedes Blatt maximal 40 Minuten Zeit.

5.)Auswahl der Probanden

Wegen der durch den Lehrplan vorgenommenen Zuordnung verschiedener Zahlenräume zu verschiedenen Klassen, bedingt die Erlangung des Unterrichtsziels eine Überprüfung möglichst aller Klassen. Es wurden daher Probanden aus allen im Hessischen Bildungsplan für Schulen für Lernbehinderte vorgesehenen "Klassen" 3 bis 9 berücksichtigt. Um mindestens 30 Probanden je Klasse zu erhalten, wurden alle Schüler der Sonderschule Rotenburg/Fulda und Eschwege getestet. Beide Schulen weisen hinsichtlich ihrer Größe und ihres Einzugsbereichs weitgehend gleiche Eigenschaften auf (voll ausgebaute Schulen; hoher Anteil von Schülern, die in den verschiedenen Dörfern wohnen). Die Städte verfügen über eine ähnliche Bevölkerungsstruktur, sind jedoch nicht als repräsentativ zu bezeichnen (höherer Anteil von Angestellten und Beamten).

Die Entscheidung für diese Schulen war mitbedingt durch den Tatbestand, daß die beiden die Untersuchung durchführenden Herren MAY und ENGEL an beiden Schulen als Lehrer tätig sind. Eine Untersuchung des geplanten Ausmaßes bedeutet eine erhebliche Störung des Unterrichtsablaufs (über sieben Wochen) und wäre an anderen Schulen wohl kaum genehmigt worden.

Folgende Schüler wurden in den Klassen 3 bis 9 überprüft:

Klasse	3	4	5	6	7	8	9	Summe
ROF (ROTENB.)	22	8	14	10	12	29	35	130
ESW (ESCHW.)	21	20	16	35	18	18	38	166
Summe	43	28	30	45	30	47	73	296

6.)Einschränkung der Untersuchung

Der Lernerfolg von Schülern ist nicht allein von didaktischen Entscheidungen, sondern auch von den methodischen Maßnahmen und dem "pädagogischen Geschick" des Lehrers abhängig. Um Unterschiede zwischen diesen äußeren Bedingungen auszugleichen, wäre die Untersuchung einer größeren Zahl gleicher Klassen erforderlich. Da dies aufgrund des besonderen Aufwandes und der dadurch begründeten Schwierigkeiten, Schulen zu finden, die eine solche Untersuchung genehmigen, nicht möglich war, kann unserer Untersuchung zunächst nur mit Einschränkung Repräsentativität zugebilligt werden. Daß hier dennoch der Untersuchung eine gewissen Aussagekraft hinsichtlich des Untersuchungsanliegen zugestanden wird, ist durch die besondere Übereinstimmung didaktischer Entscheidungen gerade in dem von uns untersuchten Bereich der Schule für Lernbehinderte begründet: Anwendung synthetischer Methoden, schrittweise Erweiterung des Zahlbereichs, besondere Betonung der Unterrichtsprinzipien.

7.) Bisherige Untersuchungsergebnisse

Spezielle Untersuchungen der Leistungen von lernbehinderten Sonderschülern bei strukturgleichen Items sind uns nicht bekannt. BLEIDICK hat jedoch bei einer vergleichenden Überprüfung der Rechenleistung Hamburger und Bremer Hilfsschüler (7. bis 9. Schuljahr) und Volksschüler (4./5. und 8./9. Schuljahr) "typische (Volksschul-) Fehler" und "hilfsschultypische Fehler" (BLEIDICK 1975, S. 14) festgestellt, die den von uns aufgeworfenen Fragenkomplex tangieren:

"Die typischen (Volksschul-) Fehler ... werden provoziert durch:

1. den größeren Zahlenraum (über 1000, namentlich über 10000),
2. den Übergang über einen Stellenwert,

3. das Rechnen mit mehreren Stellenwerten,
4. die Null in ihrem Funktionswert,
5. das Komma bei Maßeinheiten.

Die Kinder der Hilfsschule scheitern zunächst auch an diesen Hürden, sodann kommen für sie noch zusätzliche Schwierigkeiten hinzu ...

Falsche Orientierung im Positionssystem. Auf 499 folgt 599 (man gewahrt hierbei den Rückfall des Denkens in das Stadium der anschaulichen logischen Operation, nach PIAGET). Additive Reihe tritt oft an die Stelle von Systemeinsicht" (BLEIDICK 1975, S. 14).

Genauere quantitative Angaben fehlen leider, wodurch später nur ein globaler Vergleich mit den Ergebnissen unserer Untersuchung möglich wird.

Bezüglich der Leistungen bei den Umkehroperationen gibt eine Graphik BLEIDICKS (S. 12) Auskunft. Nach ihr weisen sowohl die Volksschüler des fünften Schuljahres als auch die Hilfsschüler des neunten Schuljahres einen um etwa 20 Prozent geringeren Lösungsanteil bei der Subtraktion gegenüber der Addition auf.

Für eine Einschätzung der Ergebnisse der im folgenden dargestellten Untersuchung scheinen auch die Befunde von A. MITSCHKA (1971) von Bedeutung zu sein. Er überprüfte im Auftrag des Kultusministers des Landes Nordrhein-Westfalen in 25 Hauptschulen alle Schüler der fünften Klassen mit dem Test "Zahlenrechnen ZR 4+" (KRÜGER, HYLLA u.a. 1965). Von insgesamt 1650 Kindern wurden 333 in einem Leistungskurs A, 451 in einem B- und 240 in einem C-Kurs unterrichtet; 626 Schüler waren nicht in Leistungsgruppen unterteilt. In den für unsere Fragestellung wichtigen Bereich "Zahlensystem" wird eine Fehlerquote von 31 Prozent festgestellt, die der Verfasser als "im Vergleich zu den anderen Bereichen ... hoch" (S. 23) bezeichnet.

Die Ergebnisse der einzelnen Leistungsgruppen sind in folgender Übersicht zusammengefaßt:

Leistungsgruppe	Fehlerhäufigkeit (in %)		
	Zahlaufbau	Nachfolger unter 10000	u. Vorgänger über 10000
A	16	7	24
B	27	16	46
C	45	29	66
Undifferenziert	31	16	38
Gesamt	29	15	41

Im Zahlbereich über 10000, in dem allerdings die Schüler unter Umständen noch nicht "gerechnet" hatten, werden von allen Leistungsgruppen zu einem wesentlich geringeren Prozentsatz Vorgänger und Nachfolger einer bestimmten Zahl gefunden als im Bereich unter 10000.

Im Zahlaufbau weisen die Leistungsgruppen B und C mit 27 beziehungsweise 45 Prozent Fehllösungen eine besondere Minderleistung auf. Zwischen der Addition und Subtraktion bestehen sowohl bei den mündlichen als auch bei den schriftlichen Verfahren in der Leistungsgruppe A mit Lösungsanteildifferenzen von 12 beziehungsweise 1 Prozent die geringsten, in der Leistungsgruppe C dagegen mit 21 beziehungsweise 23 Prozent die größten Unterschiede zugunsten der Addition. Dieses Ergebnis bedarf allerdings insofern einer Einschränkung, als die Items keine direkten Umkehroperationen darstellen und dadurch andere Effekte, als durch die Operationsart bedingte, den Unterschied bewirkt haben können.

4.3.1.2. Darstellung der Ergebnisse

1. Die Leistungen der Schüler der Klassen 3 bis 9 bei strukturgleichen Items in verschiedenen Zahlbereichen

Die durch die Schüler jeweils gleicher Klassen gebildeten Teilstichproben erzielten die in Tabelle 35 zusammengestellten mittleren Leistungen in den verschiedenen Zahlbereichen.

Beim Vergleich der Leistungen in den verschiedenen Zahlbereichen ist zu beachten, daß in den mit den Indizes 1 und 2 versehenen Zahlbereichen insgesamt 12, in den mit dem Index 3 gekennzeichneten Zahlbereichen dagegen 16 Items vorgelegt wurden. (s. Tab. 35, S. 238).

Alle Klassen weisen bei gleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen Leistungsunterschiede derart auf, daß mit steigender Größe des Zahlbereichs die Leistung absinkt. Vergleichen wir die Leistungen, die die einzelnen Stichproben in den verschiedenen Zahlbereichen erreichen, so liefert der FRIEDMAN - Test bei allen Klassen sehr bedeutsame Leistungsunterschiede. Die Schüler sind also nicht in der Lage, zum Beispiel die Operation $2 + 6$, $22 + 6$, $102 + 6$ beziehungsweise $2102 + 6$ mit gleicher Sicherheit auszuführen. Sie können die Strukturgleichheit der Operation in den verschiedenen Zahlbereichen nicht erkennen.

Vergleichen wir die Leistungen bei den Operationen mit Zehnerübergängen, so ergibt sich hier ein gleiches Bild. In allen Klassen werden die Zehnerübergänge bis 100 in einem höheren Maße bewältigt, als die gleichen Übergänge bis 1000 oder die über 1000 hinaus. Auch hier können mit Hilfe des FRIEDMAN - Tests bei allen Klassen sehr signifikante Differenzen festgestellt werden.

Tabelle 35

Mittlere Leistung der Klassen 3 bis 9 in 9 (3) Zahlbereichen

ohne Zehner- übergang	S ₃		S ₄		S ₅		S ₆		S ₇		S ₈		S ₉	
Zahlbereiche	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
A ₁ 0 - 10	7,116	2,813	8,143	2,851	10,700	1,264	10,27	1,72	10,70	1,78	11,40	0,92	11,10	1,52
B ₁ H -H10	0,465	0,882	2,286	2,192	6,267	3,248	7,87	3,43	9,43	2,91	10,17	1,75	9,70	2,44
C ₁ T -T10	0,070	0,258	2,286	0,713	3,600	2,920	5,38	3,83	7,40	3,77	10,02	2,35	9,51	2,84
A ₂ 10- 20	4,977	2,686	5,929	3,102	8,967	2,173	8,84	2,34	9,47	2,69	10,66	1,42	10,60	1,82
B ₂ H10-H20	0,186	0,546	0,857	1,353	4,900	3,241	6,11	3,66	7,17	3,49	9,11	2,41	9,15	2,50
C ₂ HTH20-HTH	0,000	0,000	0,143	0,356	2,533	2,623	4,02	3,53	6,27	3,78	9,06	2,57	8,77	2,85
A ₃ 20-100	3,465	2,865	7,500	4,264	11,867	2,968	12,00	3,56	12,47	4,03	14,72	1,97	14,49	2,48
B ₃ H20-T	0,070	0,258	0,857	1,433	6,200	4,093	8,33	5,13	9,97	4,87	12,94	3,18	12,90	3,32
C ₃ HT20	0,023	0,153	0,179	0,548	2,833	3,281	4,98	4,66	8,13	4,85	11,89	3,45	11,56	4,03
mit Zehner- übergang														
1 - 100	4,02	3,45	7,50	3,33	11,93	3,53	13,07	4,05	14,13	4,03	17,02	2,75	16,75	3,35
100-1000	0,00	0,00	0,29	0,76	3,80	4,75	6,76	5,81	8,93	5,82	13,47	4,26	13,41	4,79
> 1000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	3,97	4,80	5,53	7,03	6,26	12,17	5,11	12,11	5,27
	-		-		n		nn		n	n	n		n	n

Von besonderer Bedeutung sind die bei den Klassen 7, 8 und 9 ermittelten Befunde einer unterschiedlichen Leistung in den verschiedenen Zahlbereichen. Diese zeigen deutlich, daß für einen großen Teil der sechs Jahre und länger unterrichteten Schüler strukturgleiche Items in verschiedenen Zahlbereichen jeweils besondere Aufgaben darstellen. Eine Ausnutzung bereits vorhandener, in unteren Zahlbereichen erworbener Erkenntnisse (Transfer) erfolgt nicht, da das Positionssystem insgesamt nicht erfaßt zu sein scheint.

Interessiert man sich für die Leistungsunterschiede zwischen den Klassen, so lassen sich für die Gesamtleistung "Rechnen ohne Zehnerübergang" mittels des U-Tests außer zwischen der 5. und 6. Klasse bei allen Vergleichen benachbarter Klassen signifikante Differenzen feststellen, beim Rechnen "mit Zehnerübergang" ist lediglich der Leistungsunterschied zwischen dem 6. und 7. Schuljahr nicht bedeutsam. Mit Ausnahme des Vergleichs der Leistung des 8. Schuljahres mit dem 9. Schuljahr hatte jeweils die höhere Klasse die bessere Leistung aufzuweisen. Ein Vergleich zwischen dem 3. und 4. Schuljahr war hier wegen der geringen Zahl der Lösungen nicht möglich.

Innerhalb der einzelnen Zahlbereiche bestehen zwischen den Klassen 4 und 5 in allen, zwischen den Klassen 7 und 8 in sieben von neun Bereichen signifikante Leistungsunterschiede. Auch hier zeigt sich besonders an den Leistungsunterschieden zwischen dem 7. und 8. Schuljahr, daß selbst in diesen Klassen noch ein Lernzuwachs bei der Addition und Subtraktion von Zahlen zu erreichen ist. Dieser ist jedoch auch dort als noch unabgeschlossen zu bezeichnen, da zum Beispiel im Bereich über 100 000 vom 9. Schuljahr von 12 möglichen Lösungen nur 8,77 gelangen.

2. Die Leistungen der Schüler bei den Umkehroperationen Addition und Subtraktion, "Ergänzen+" und "Ergänzen-"

Läßt man die verschiedenen Zahlbereiche unberücksichtigt und betrachtet man die Leistung der Schüler in den strukturgleichen Umkehroperationen Addition - Subtraktion, "Ergänzen+" - "Ergänzen-", so ergibt sich folgende Tabelle der mittleren Leistungen in den einzelnen Stichproben: (s. Tabelle 36)

Mit Ausnahmen der Stichproben S_5 und S_9 ist bei allen Stichproben eine weitgehend gleiche Leistungsrangfolge in den vier strukturgleichen Operationen festzustellen. Die beste Leistung liegt jeweils bei der Addition, die Subtraktion nimmt meistens den zweiten Rang ein. Das Ergänzen liegt mit zwei Ausnahmen auf den Leistungsrangplätzen 3 und 4, wobei auch hier das addierende Ergänzen häufiger bewältigt wird als das subtrahierende Ergänzen. In den Klassen S_5 und S_9 haben das "Ergänzen+" und die Subtraktion die Rangplätze 2 und 3 getauscht.

Bei den Operationen mit Zehnerübergang ist die für die Operation ohne Zehnerübergang festgestellte Leistungsrangfolge ohne Ausnahme durchgängig vorhanden.

Von Interesse dürfte in diesem Zusammenhang das Ausmaß der Leistungs differenzen sein. Bei den Operationen ohne Zehnerübergang wurden von 30 möglichen Lösungen von der Stichprobe S_3 durchschnittlich 10,86 (= 36,2 Prozent) bei der Addition und 4,71 (= 15,7 Prozent) beim "Ergänzen-" erzielt. Die Stichprobe S_8 , die die besten Leistungswerte aufzuweisen hat, erzielte bei der Addition einen Mittelwert von 27,11 (= 90,4 Prozent), bei dem "Ergänzen-" einen solchen von 21,14 (= 70,5 Prozent). Obwohl also insgesamt die Leistung von der Stichprobe S_3 hin zur Stichprobe S_8 ansteigt, bleiben mit einer Prozentdifferenz (gemessen an der Gesamtzahl möglicher Lösungen) von 20,5 (S_3) und 19,9 (S_8) zwischen der Leistung bei der Addition und der beim "Ergänzen-" deutliche Unterschiede bestehen.

Tabelle 36

Mittelwerte und Streuungen der Leistungen der Klassen $S_3 - S_9$ bei den additiven und subtraktiven Verknüpfungen

ohne Über- gang	$\bar{x}$	S_3 s	$\bar{x}$	S_4 s	$\bar{x}$	S_5 s	$\bar{x}$	S_6 s	$\bar{x}$	S_7 s	$\bar{x}$	S_8 s	$\bar{x}$	S_9 s
Add.	7,72 sss	2,31	10,86	3,04	17,33	5,54	20,00	6,24	22,67	6,84	27,11	2,95	26,34	4,55
Subtr.	4,53 sss	3,40	6,79	3,66	18,83	6,44	17,00	8,62	21,17	7,41	25,66	4,70	25,11	5,89
Ergänz.+	2,58 ss	1,00	5,57	5,17	15,03	8,16	16,04	8,69	19,27	9,91	25,38	6,51	25,15	7,42
Ergänz.-	1,56	2,35	4,71	2,90	10,63	6,94	14,78	8,07	16,77	8,58	21,83	6,59	21,14	7,22
mit Über- gang														
Add.	2,14 sss	1,58	3,50	1,55	7,80	4,36	10,31	5,39	12,17	4,98	15,38	2,89	15,81	2,96
Subtr.	1,07 ss	1,45	2,00	1,31	4,47	3,36	6,82	4,97	8,17	5,13	12,92	4,77	12,88	5,10
Ergänz.+	0,49	0,83	1,68	1,70	4,43	3,61	5,04	4,86	8,07	5,94	12,04	4,65	12,43	5,25
Ergänz.-	0,35	0,75	0,64	0,95	2,23	3,16	5,02	5,30	5,73	4,49	9,30	5,62	9,55	5,52

* Ergebnisse des Vergleichs "benachbarter Zeilenwerte" mittels des Wilcoxon-Tests beziehungsweise des t-Tests für abhängige Stichproben

Gleiche Feststellungen sind bei den Operationen mit Zehnerübergang zu machen, wo einem möglichen Höchstwert von 20 in der Stichprobe S_3 durchschnittliche Lösungshäufigkeiten von 2,14 (= 10,7 Prozent) bei der Addition und von 0,35 (= 1,7 Prozent) beim "Ergänzen-" gegenüberstehen. In der Stichprobe S_9 - sie erzielte hier die besten Leistungen - beträgt die mittlere Leistung bei der Addition 15,81 (= 79,1 Prozent) und bei dem "Ergänzen-" 9,55 (= 47,8 Prozent). Selbst in dieser Stichprobe sind erhebliche Differenzen zwischen den Leistungen bei verschiedenen Operationen festzustellen.

Prüfen wir die bei jeder Klasse zwischen den Operationen insgesamt festgestellten Leistungsunterschiede auf deren Überzufälligkeit, so liefert uns der FRIEDMAN - Test beziehungsweise die doppelte Varianzanalyse die in der Tabelle 37 festgehaltenen Ergebnisse:

Tabelle 37

Ergebnisse der Prüfung der Leistungsunterschiede in den 4 Operationsarten Addition, Subtraktion, Ergänzen+ und Ergänzen-

a) ohne Zehnerübergang

Stichprobe	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
Test	Friedm.	Friedm.	Friedm.	Friedm.	Friedm.
Wert	22,300	32,033	15,430	25,404	33,004
Bed.	sss	sss	ss	sss	sss

b) mit Zehnerübergang

Stichprobe	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
Test	Friedm.	Friedm.	Friedm.	Friedm.	Friedm.
Wert	51,430	52,520	23,994	44,087	88,747
Bed.	sss	sss	sss	sss	sss

Bei allen Teilstichproben ist die Aussage über bestehende überzufällige Leistungsunterschiede zwischen den einzelnen Operationen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens einem Prozent behaftet.

3. Die Leistungen in den verschiedenen Itemarten

1. Operation ohne Zehnerübergang

Es sei zunächst nochmals daran erinnert, daß zwischen folgenden Itemarten bei Operationen ohne Zehnerübergang unterschieden wird:

	alg. Struktur	Beispiel	Umkehr- operation:
Itemgruppe a	$Z + E = ZE$	$10 + 4 = 14$	$14 - 4 = 10$
Itemgruppe b	$ZE + E = ZE$	$11 + 7 = 18$	$18 - 7 = 11$
Itemgruppe c	$ZE + E = Z$	$12 + 8 = 20$	$20 - 8 = 12$

Da in jedem Zahlbereich ein Item einer Itemgruppe gegeben wurde, hatten die Schüler bei 9 Zahlbereichen und jeweils 4 Operationen beziehungsweise Umkehroperationen insgesamt in jeder Itemgruppe 36 Items zu bewältigen. Die Stichproben S_3 bis S_9 erzielten folgende mittlere Lösungshäufigkeiten:

Tabelle 38:

Mittlere Lösungshäufigkeit der Stichproben S_3 bis S_9 bei den Itemarten a, b und c

Stichprobe	arithmetisches Mittel in der Itemart		
	a	b	c
S_3	5,93	5,49	4,14
S_4	10,46	7,71	7,32
S_5	19,97	10,80	16,03
S_6	22,49	19,51	19,93
S_7	26,30	23,47	23,17
S_8	31,30	29,70	29,79
S_9	30,45	29,44	28,43

Bei allen 7 Stichproben nimmt die Leistung in der Itemgruppe a den ersten Rang, bei 5 Stichproben die Leistung in der Itemgruppe b den zweiten Rang und bei ebenso vielen Stichproben die Leistung in der Itemgruppe c den dritten Rang ein. Mit Ausnahme der Stichprobe 3 entspricht bei allen Stichproben die Leistung in der Itemgruppe b mehr der Leistung in der Itemgruppe c als der in der Itemgruppe a.

Stellt man Vergleiche zwischen den einzelnen Operationen an, so sind bei allen Klassen die Differenzen zwischen der Addition und dem "Ergänzen-" sowohl in der Kategorie "ohne Zehnerübergang" als auch in der Kategorie "mit Zehnerübergang" höchst signifikant ($p < 0,1\%$).

In der Kategorie "mit Zehnerübergang" bestehen weiterhin mindestens signifikante Differenzen zwischen der Addition und dem "Ergänzen+" sowie zwischen der Subtraktion und dem "Ergänzen-". In der Kategorie "ohne Zehnerübergang" sind lediglich die Differenzen zwischen der Addition und der Subtraktion bei der Stichprobe S_7 sowie zwischen der Addition und dem "Ergänzen+" bei den Stichproben S_5 , S_8 und S_9 nicht bedeutsam. Überzufällige Unterschiede sind dagegen wieder bei allen Teilstichproben in beiden Kategorien zwischen der Subtraktion und dem "Ergänzen-" festzustellen.

Von besonderer Bedeutung ist auch hier wieder der Tatbestand, daß selbst in höheren Klassen zwischen fast allen strukturgleichen Operationen überzufällige Unterschiede bestehen. So ergeben sich beim Vergleich der Leistungen in den vier Operationsarten bei der Stichprobe S_7 in neun von zwölf, bei der Stichprobe S_8 in zehn von zwölf und bei der Stichprobe S_9 in 9 von 12 Vergleichen bedeutsame Differenzen.

Betrachtet man die Leistungsunterschiede zwischen den Teilstichproben innerhalb der einzelnen Operationen, so lassen sich (vgl. Tabelle 36) zwischen dem 3. und 4. Schuljahr (ohne Zehnerübergang), sowie zwischen dem 4. und 5. Schuljahr (mit und ohne Zehnerübergang) und zwischen dem 7. und 8. Schuljahr (mit und ohne Zehnerübergang) bedeutsame Leistungsunterschiede bei allen Operationen erkennen¹⁾. Zwischen dem 5. und 6. und dem 6. und 7. Schuljahr treten bedeutsame Leistungsunterschiede nur teilweise und uneinheitlich auf die verschiedenen Operationsarten verteilt auf.

1) Ein Vergleich zwischen dem 8. und 9. Schuljahr konnte wegen der Größe der Stichprobe S_9 nicht durchgeführt werden.

Setzen wir zur Prüfung der Hypothese nur zufällig bestehender Unterschiede zwischen den Leistungen in den drei Itemgruppen den Wilcoxon-Test beziehungsweise den t-Test für abhängige Stichproben ein, so erhalten wir folgende Ergebnisse:

Tabelle 39:

Bedeutsamkeit der Differenzen zwischen den Leistungen
in den drei Itemgruppen

Stich- probe	Vergleich a - b			Vergleich a - c			Vergleich b - c		
	Test	Wert	Bed.	Test	Wert	Bed.	Test	Wert	Bed.
S ₃	Wilc.	164,0	n s	Wilc.	15,0	s s	Wilc.	59,5	s s
S ₄	t-Test	6,36	s s	t-Test	7,31	s s	t-Test	1,04	n s
S ₅	t-Test	6,41	s s	t-Test	7,31	s s	t-Test	1,25	n s
S ₆	t-Test	6,25	s s	t-Test	5,46	s s	t-Test	0,98	n s
S ₇	Wilc.	14,0	s s	Wilc.	23,0	s s	Wilc.	143,0	n s
S ₈	Wilc.	121,0	s s	Wilc.	93,0	s s	Wilc.	336,0	n s
S ₉	Wilc.	274,0	s s	Wilc.	124,0	s s	Wilc.	426,5	s s

Mit Ausnahme der Stichprobe S₃ stellen sich bei allen Stichproben die Leistungen bei den Itemgruppen a und b als sehr bedeutsam unterschiedlich heraus. Zwischen a und c bestehen dementsprechend bei allen Stichproben ebenfalls weit überzufällige Unterschiede. Zwischen den Itemgruppen b und c hingegen weisen lediglich die Stichproben S₃ und S₉ signifikante Differenzen auf. Diese sind allerdings auf dem 0,1-Prozent-Niveau abgesichert. Wir können somit folgende Aussagen treffen: alle Operationen, in denen bei der Addition von dem vollen Zehner ausgegangen, bei der Subtraktion auf den vollen Zehner zurückgegangen wird, fallen den Schülern leichter als Operationen innerhalb eines Zehners oder das Aufrechnen zum nächsten vollen Zehner. Operationen innerhalb eines Zehners werden - mit Ausnahme von S₃ und S₉ - mit gleicher Sicherheit ausgeführt wie die Operationen, in denen der nächste Zehner mit einbezogen werden muß. Von besonderem Gewicht ist wiederum

die Feststellung, daß diese Leistungsunterschiede auch noch in höheren Klassen bestehen.

4.3.1.3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung 3.1.

Die vorliegende Untersuchung hatte die Aufgabe, die arithmetische Leistung von lernbehinderten Sonderschülern der Schuljahre 3 bis 9 in verschiedenen Zahlbereichen, bei Umkehroperationen und in verschiedenen Itemkategorien zu überprüfen. Die Prüfitems waren so konstruiert, daß Aussagen über den Grad der Bewältigung der Struktur des Positionssystems einerseits und über das Erkennen der Strukturgleichheit von Umkehroperationen möglich sind.

Die Untersuchung liefert folgende wesentliche Ergebnisse:

1. Das Operieren in verschiedenen Zahlbereichen betreffend:
 - 1.1. Die 7 Stichproben (Klassen 3 - 9) weisen sowohl bei den Operationen mit Zehnerübergang als auch bei denen ohne Zehnerübergang in den verschiedenen Zahlbereichen unterschiedliche Leistungen auf ($p < 1\%$, Friedman-Test)
Items der Art $2 + 6$, $22 + 6$, $102 + 6$, $2102 + 6$ usw. werden mit jeder Erweiterung der Zahl um eine die Operation nicht beeinflussende Ziffer seltener gelöst. Die Hypothese 3.1. wird somit bestätigt.
 - 1.2. In höheren Klassen werden in höheren Zahlbereichen mehr Items gelöst als in unteren Klassen. Bei der Klasse 9 beträgt jedoch der Lösungsanteil bei den Items aus dem Bereich über 1000 nur 82 Prozent.
2. Den Lösungsanteil bei den Umkehroperationen betreffend:
 - 2.1. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 Prozent kann bei den Klassen 3 bis 9 von unterschiedlichen Leistungen in den Operationen Addition, Subtraktion, Ergänzen+ und Ergänzen- gesprochen werden (Friedman-Test, doppelte Varianzanalyse).
Die Hypothese 3.2. wird bestätigt.

- 2.2. Die Addition wird jeweils am sichersten ausgeführt, das "Ergänzen-" ist dagegen mit der höchsten Fehlerquote behaftet.
- 2.3. Bei allen Klassen ist der Leistungsunterschied zwischen der Addition und dem "Ergänzen-" sehr signifikant. Zwischen den direkten Umkehroperationen Addition und Subtraktion sowie zwischen dem "Ergänzen+" und "Ergänzen-" bestehen bei den Klassen S_3 , S_5 , S_8 und S_9 (ohne Zehnerübergang) beziehungsweise bei den Klassen S_4 , S_5 , S_7 , S_8 und S_9 (mit Zehnerübergang) mindestens bedeutsame Differenzen.
3. Die Itemart betreffend:
- 3.1. Bei allen Klassen läßt sich zwischen den Itemarten a, b und c (vgl. S.243) die Relation $a > b > c$ bezüglich der Lösungshäufigkeit ermitteln. Zwischen a und c bestehen bei allen, zwischen a und b bei 6 sowie zwischen b und c bei nur 2 der 7 Klassen bedeutsame Differenzen.

4.3.2. Die arithmetischen Leistungen von Grund- und Sonderschülern des 3. und 4. Schuljahres bei strukturgleichen Operationen und Umkehroperationen im Grundbereich $G = \{1, 2, \dots, 20\}$

Konnte in der Untersuchung 3.1. am Beispiel der Schüler zweier Sonderschulen nachgewiesen werden, daß bedeutsame Leistungsunterschiede sowohl zwischen struktur- und zahlgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen als auch zwischen den Umkehroperationen Addition und Subtraktion bestehen, so soll nun dieser Befund im "Grundbereich 1 bis 20" an einer größeren Stichprobe, in die Schüler von etwa 90 Klassen einbezogen sind, genauer geprüft werden. Des weiteren soll das Leistungsverhalten der Sonderschüler gleicher Schulbesuchszeit verglichen werden.

4.3.2.1. Planung der Untersuchung

1. Ziel der Untersuchung:

Es wird im wesentlichen die Klärung folgender Fragen angestrebt:

1. Bestehen die an den Schülern zweier Schulen aufgezeigten Leistungsunterschiede zwischen verschiedenen Zahlbereichen auch innerhalb des Grundbereiches 1 bis 20, wenn dieser nach den Bereichen 1 bis 10 und 10 bis 20 untergliedert wird und in die Untersuchung Schüler von jeweils etwa 30 (15) Schulen je Teilstichprobe einbezogen werden?
2. Bestehen im gleichen Grundbereich Unterschiede zwischen der Addition und Subtraktion?
3. Bestehen quantitative und/ oder qualitative Unterschiede im Leistungsverhalten der Sonderschüler und Grundschüler?

2. Auswahl der Stichprobe

Laut Lehrplan für Sonderschulen des Landes Hessen sollen die Schüler der Klasse S_3 in der Regel den Zahlbereich 1 bis 10, die Klasse S_4 den Zahlbereich 1 bis 20 erarbeiten. Wenn also die Leistung der Sonderschüler im Grundbereich 1 bis 20 untersucht werden soll, muß dies an Probanden der Klassen S_3 und S_4 geschehen. Die Grundschüler gleicher Schulbesuchsjahre, die zum Vergleich herangezogen werden sollen, bewältigen in der Grundschulklasse 3 den Zahlbereich bis 100 und in der Klasse 4 ist ein "Rechnen im unbegrenzten Zahlbereich" (Bildungspläne für die allgemeinbildenden Schulen im Lande Hessen, S. 195 und 196, Febr. 1957) vorgesehen. Insofern ist von diesen im Grundbereich 1 bis 20 ein quantitativer Unterschied in der Leistung gegenüber den Sonderschülern zu erwarten. Von Bedeutung dürfte jedoch die Frage sein, wie sich sowohl bei den Sonderschülern als auch bei den Grundschülern das Leistungsverhältnis zwischen strukturgleichen Items in den Zahlbereichen 1 bis 10 und 10 bis 20 sowie bei zahlgleichen Umkehroperationen darstellt.

In Anbetracht der trotz der durch den Lehrplan gegebenen inhaltlichen Festlegung möglichen methodischen Modifikation in der Unterrichtspraxis scheint uns daher eine Auswahl von 300 Probanden aus ca. 30 (bei Sonderschülern) beziehungsweise 15 (bei Grundschülern) Klassen für jede Teilstichprobe erforderlich zu sein.

Im einzelnen setzten sich die Teilstichproben wie folgt zusammen:

Tabelle 40:

	Zusammensetzung der Stichproben			
	S_3	S_4	G_3	G_4
Zahl der Probanden	277	307	307	309
Zahl der Klassen	29	33	17	18
Zahl der Schulen	27	28	16	16

Für alle hier aufgeführten Probanden stellte die darzustellende Untersuchung eine Zusatzuntersuchung innerhalb eines größeren Projekts dar, das primär die Merkmaldominanz

(N = 800) und das Erfassen diskontinuierlicher Mengen (N = 860) zum Gegenstand hatte. In den hier aufgeführten Stichproben sind somit alle die Probanden enthalten, die den Auswahlkriterien für die Hauptuntersuchung genügten. Im Interesse einer Erfassung des gesamten Leistungsspektrums hatten diese Auswahlkriterien lediglich die Nichtberücksichtigung von Vpn mit einer kurzfristigen besonderen Leistungsschwäche und die gleichmäßige Verteilung der Vpn nach Geschlecht und Alter zum Ziel. Da für die vorgesehenen statistischen Berechnungen die Rechenanlage nur für ein N = 1200 Programme zur Verfügung hatte, wurden alle Probanden mit den Kennnummern $K > 1201$ nicht in die Berechnung einbezogen.

3. Methode der Untersuchung

Den für eine der vier Stichproben ausgewählten Schülern einer Klasse wurden an zwei verschiedenen Tagen jeweils 75 beziehungsweise 50 Items aus dem Zahlbereich 1 bis 20 vorgelegt (vgl. Protokollbogen im Anhang, S. A 2). Die Schüler erhielten folgende Instruktion:

a) Sonderschüler:

"Hier auf dem Blatt sind einige Rechenaufgaben, die ihr jetzt rechnen sollt. Wie ich von eurem Lehrer gehört habe, seid ihr schon sehr gute Rechner und ihr könnt sicherlich viele dieser Aufgaben lösen. Es sind allerdings auch Aufgaben dabei, die ihr noch nicht gerechnet habt. Wenn ihr diese Aufgaben nicht könnt, ist es gar nicht schlimm. Hinter diese Aufgaben macht ihr einen . . . Strich, so" (Versuchsleiter zeigt es an der Tafel).

b) Grundschüler:

"Auf diesem Blatt sind einige Rechenaufgaben abgedruckt, die ihr jetzt rechnen sollt. Die Aufgaben sind sehr leicht. Versucht einmal, ob ihr alle Aufgaben ohne Fehler rechnen könnt. Ihr habt für jede Reihe zwei Minuten Zeit."

Beide Gruppen erhielten die zusätzliche Anweisung:
 "Immer, wenn ich 'stopp' sage, zieht ihr unter die
 Aufgabe, die ihr gerade gerechnet habt, einen Strich,
 so" (Versuchsleiter zeigt es an der Tafel).

Mit Hilfe dieser zuletzt genannten Instruktion sollte
 eine Aussage über die Zahl des bewältigten Items
 innerhalb eines bestimmten Zeitraums (Rechenfertigkeit)
 möglich sein. Die Zäsuren wurden jeweils nach 20 Sekunden
 und zwei Minuten vorgenommen. Nach zwei Minuten sollten
 die Probanden mit dem "Rechnen" der nächsten der insge-
 samt fünf Reihen mit je 25 Items beginnen.

Schüler, die innerhalb der zwei Minuten nicht alle Auf-
 gaben einer Reihe lösen konnten, erhielten nach Abschluß
 der 3 x 2 (beziehungsweise 2 x 2) Minuten Gelegenheit,
 die restlichen Items noch zu rechnen. Bei der Ergebnis-
 auswertung wurden alle die Items als gelöst betrachtet,
 die innerhalb der Gesamtzeit von 5 x 2 Minuten bewältigt
 waren.

Die Items wurden so konstruiert, daß folgende Vergleiche
 möglich sind:

Operation ohne Zehnerübergang	Operation mit Zehnerübergang
Add. 1 bis 10 ↔ Add. 10-20 ↓ Subtraktion 1 bis 10	Addition 1 bis 20 ↓ Subtraktion 1 bis 20

4.3.2.2. Darstellung der Ergebnisse

1. Die Gesamtleistung der Stichproben S_3 , S_4 , G_3 und G_4

Die vier Stichproben lösten von insgesamt 125 Items durchschnittlich 51,38 (S_3), 77,41 (S_4), 103,01 G_3 und 116,60 (G_4). Alle vier Stichproben unterscheiden sich sehr bedeutsam voneinander (Mann-Whitney-Test).

2. Die Leistungen der vier Stichproben in den verschiedenen Zahlbereichen und bei verschiedenen Operationsarten

Wie oben aufgezeigt, lassen sich folgende Itemgruppen unterscheiden:

1 bis 10+, 10 bis 20+, 1 bis 10-, 1 bis 20-, 1 bis 20-¹⁾

Es stellen sich zunächst zwei Fragen: die erste bezieht sich auf Unterschiede zwischen 4 Teilstichproben in diesen fünf Bereichen, die zweite strebt einen Vergleich der Operationsarten innerhalb der Gruppen an.

Wenden wir uns zunächst der ersten Fragestellung zu.

In der Tabelle 41 a) sind die mittleren Leistungen der vier Stichproben in den fünf Itemgruppen zusammengestellt.

In allen fünf Itemgruppen steigen die Mittelwerte von S_3 über S_4 und G_3 hin zu G_4 an. Wie aus dem Teil b) der gleichen Tabelle ablesbar ist, lassen sich aufgrund der Ergebnisse des Mann-Whitney-Tests bei jeder der fünf Itemgruppen die Leistungsunterschiede zwischen den vier Stichproben als höchst bedeutsam bezeichnen (eine Ausnahme stellt die Differenz zwischen G_3 und G_4 in der Itemgruppe 1 bis 10+ dar, die sich lediglich als bedeutsam ausweist. Setzt man mit dem H-Test von KRUSKAL und WALLIS ein Prüfverfahren ein, das eine globale Aussage

1) Erklärung der Abkürzungen " 1 bis 10+"=Addition im Zahlbereich 1 bis 10
" 1 bis 20-"= Subtraktion im Zahlbereich 1 bis 20 usw.

a) Mittelwerte und Streuung: Ergebnisse der Prüfung der Normalität

Stich- probe Item- katego- rie	S ₃		S ₄		G ₃		G ₄	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1 - 10+	16,63	8,04	20,75	6,47	23,57	3,81	24,47	1,74
10 - 20+	10,23	8,42	16,48	8,07	21,76	4,81	24,01	2,19
1 - 20+	7,50	7,11	13,92	8,04	18,51	6,18	23,26	3,35
1 - 20-	6,01	6,79	10,65	8,41	17,08	6,71	21,21	5,57
1 - 10-	11,64	8,53	15,61	8,96	22,09	5,42	23,70	3,90
Gesamt	51,38	33,38	77,41	33,73	103,01	20,96	116,60	12,3

-253-

b) Prüfung der Leistungsunterschiede zwischen den in der Leistung beobachteten Stichproben

Ver- gleich Item- kate- gorie	b ₁) Einzelvergleiche (Mann-Whitney-Test)				b ₂) Komplexe Vergleiche (H-Test nach Kruskal u. Wallis)			
	$S_3 \leftrightarrow S_4$	S_4	$S_3 \leftrightarrow S_4$	S_4	$S_3 \leftrightarrow G_4$	$G_3 \leftrightarrow G_4$	$G_3 \leftrightarrow G_4$	G_4
	α	Bed.	α	Bed.	α	Bed.	α	Bed.
1 - 10+	0,0	sss	0,0	sss	3,9	s	244,410	0,0
10 - 20+	0,0	sss	0,0	sss	0,0	sss	426,044	0,0
1 - 20+	0,0	sss	0,0	sss	0,0	sss	519,265	0,0
1 - 20-	0,0	sss	0,0	sss	0,0	sss	463,851	0,0
1 - 10-	0,0	sss	0,0	sss	0,0	sss	378,788	0,0

über das Leistungsverhältnis der vier Stichproben untereinander zuläßt, so sind auch hier auf dem 0,1 Prozent-Niveau abgesicherte Differenzen festzustellen.

Für das Gesamtanliegen unserer Arbeit von wesentlich größerer Bedeutung als der Vergleich zwischen den Teilstichproben ist der Leistungsvergleich zwischen den Itemgruppen innerhalb der Stichproben, da hier Hinweise auf das Erkennen der Struktur des überprüften mathematischen Inhalts erhalten werden können.

Betrachten wir zunächst die Leistungen bei zahlgleichen Operationen in den Zahlbereichen 1 bis 10+ und 10 bis 20+. Bei allen Teilstichproben ist die Leistung im erstgenannten Bereich höher als im zweitgenannten (vgl. Tabelle 41 a). Gehen wir von der Folge der Stichproben hinsichtlich deren Gesamtleistung aus, so läßt sich jedoch von S_3 über S_4 und G_3 hin zu G_4 ein Absinken der Mittelwertsdifferenz zwischen den beiden Itemgruppen erkennen: die Differenz beträgt bei S_3 6,40, bei S_4 4,27, bei G_3 1,81 und bei G_4 0,46 Punkte. Nach dem Wilcoxon-Test weisen sich jedoch alle Unterschiede als weit überzufällig aus ($p < 0,1\%$).

Zwischen den Umkehroperationen 1 bis 10+ und 1 bis 10- bestehen bei allen Stichproben Leistungsunterschiede der Art, daß jeweils die Addition höhere Lösungshäufigkeiten aufweist. Die Differenzen zwischen beiden Leistungsmittelwerten betragen der Reihenfolge nach von S_3 hin nach G_4 : 4,99, 5,14, 1,48 und 0,77. Nach dem Wilcoxon-Test sind auch hier bei allen Stichproben Aussagen über Leistungsunterschiede zwischen beiden Operationen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,1\%$ behaftet.

Gleiche Feststellungen lassen sich für die Operationen im Bereich 1 bis 20+ und 1 bis 20- (Operationen mit Zehnerübergang) treffen. Da bei allen Teilstichproben die beiden genannten Itemgruppen jeweils den 4. und 5. Rang innerhalb der Folge der Lösungshäufigkeiten der Itemgruppe einnehmen - Operationen mit Zehnerübergang werden von allen Stichproben schlechter bewältigt als sol-

che ohne Zehnerübergang (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 1\%$) - lassen sich hier jedoch mit 1,49, 3,27, 1,45 und 2,05 Punkten nicht die Mittelwertsdifferenzen obigen Ausmaßes ermitteln. Von Bedeutung dürfte hier weiterhin sein, daß die Stichprobe G_4 von allen bisherigen Vergleichen innerhalb dieser Gruppe nun den größten Unterschied aufweist. Es ist eine abfallende Tendenz der Mittelwertsdifferenz von S_3 hin zu G_4 hier nicht mehr feststellbar.

4.3.2.3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung 3.2.

In der vorliegenden Untersuchung sollte geprüft werden, ob die in der Untersuchung 3.1. bei Schülern zweier Sonderschulen ermittelten Leistungsunterschiede zwischen zahlgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen und zwischen Umkehroperationen auch dann bestätigt werden können, wenn die Probanden zum Ausgleich eventuell unterschiedlicher äußerer Bedingungen einer größeren Zahl von Klassen angehören und sich die Operationen auf den Grundbereich 1 bis 20 beschränken. Des weiteren sollte das Leistungsverhalten der Sonderschüler mit dem der Grundschüler verglichen werden.

Es ließen sich folgende Ergebnisse ermitteln:

1. Es bestehen bei allen vier Stichproben S_3 , S_4 , G_3 , G_4 sehr bedeutsame Leistungsunterschiede zwischen den Zahlbereichen 1 bis 10 und 10 bis 20. Die Leistungsdifferenzen zwischen beiden Itemkategorien sind bei den einzelnen Stichproben umso größer, je niedriger die allgemeine Rechenleistung ist. Diese allgemeine Leistung ist bei G_4 am größten und bei S_3 am geringsten.
2. Bei allen Stichproben bestehen zwischen den Umkehroperationen 1 bis 10+ und 1 bis 10- auf dem 0,1 Prozent-Niveau abgesicherte Unterschiede. Auch hier verringern

sich die Leistungs-differenzen mit steigender allgemeiner Rechenleistung der Stichproben in der Folge S_3 , S_4 , G_3 und G_4 .

3. Bei den Umkehroperationen mit Zehnerübergang wird von allen Stichproben in der Itemkategorie 1 bis 20+ das zweitschlechteste und in der Itemkategorie 1 bis 20- das schlechteste Ergebnis erzielt. Im Gegensatz zu den Kategorien 1 bis 10+ und 1 bis 10- weisen die Grundschüler keine geringeren Leistungs-differenzen auf als die Sonderschüler. Bei allen Stichproben sind die Leistungsunterschiede sehr bedeutsam.
4. In allen Itemkategorien bestehen zwischen den Teilstichproben bedeutsame Leistungsunterschiede.

4.3.3. Interpretation der Ergebnisse der Untersuchungen 3.1. und 3.2.

Die Untersuchung hatte die Aufgabe zu ermitteln, inwieweit die Schüler in der Lage sind, strukturgleiche Operationen zu erkennen. Wir waren dabei zu Beginn der Untersuchung von der Hypothese ausgegangen, daß der heutige Lehrplan ein solches Erkennen nicht fördert. Die Untersuchung hat eindeutig eine geringe Transferleistung bei strukturgleichen Items bestätigt. Weder zahlgleiche Operationen in verschiedenen Zahlbereichen noch zahlgleiche Umkehroperationen innerhalb der Zahlbereiche werden mit gleicher Häufigkeit gelöst. Selbst im 9. Schuljahr bestehen zwischen den verschiedenen Umkehroperationen, zwischen gleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen und zwischen den verschiedenen Itemarten überzufällige Leistungsunterschiede, wobei natürlich die Leistungen höherer Schuljahre über denen niederer Schuljahre liegen. Es ist in der Tat so, daß der Schüler aufgrund des vorliegenden Lehrplans in jedem Schuljahr in synthetisch orientierten Lehrverfahren schrittweise den Zahlbereich erweitert, wobei jede Operation wohl als neue Zahlverknüpfung "erlernt" wird. Da die Operation in deren wesentlichen Momenten nicht erfaßt ist, kann man nur von einem automatisierenden Auswendiglernen von Zahlverhältnissen sprechen. So gesehen scheint es sicherlich eine beachtliche Leistung, wenn die Sonderschüler bis zum 9. Schuljahr insgesamt etwa zwei Millionen Zahlverhältnisse alleine bei den von uns untersuchten Operationsarten im Zahlbereich 1000/2000 auswendig lernen. Es kann jedoch auch nicht verwundern, daß der "bleibende Erfolg" (KLAUER) gerade im Rechenunterricht der Schule für Lernbehinderte ausbleibt und die Schüler lediglich etwa die Leistung des 5. "Volksschuljahres" erreichen (BLEIDICK).

Aus diesen hier festgestellten Minderleistungen die Folgerung zu ziehen, daß in unseren Schulen noch zu viel gelernt wird (KLAUER) und daß der Zahlbereich bis 1000 wohl empfehlenswert sei (BLEIDICK), da eben auf diese mindere Leistungsfähigkeit dieser Schüler Rücksicht genommen werden müsse, scheint uns angesichts der ebenfalls bekannten (scheinbaren) Konzentrations- und Merkschwäche unserer Schüler stringent. Es läßt sich jedoch klar erkennen, daß eine solche Maßnahme dem Schüler nur sehr begrenzte Möglichkeiten bietet. Dieser Tatbestand scheint uns jedoch noch nicht einmal der wesentliche zu sein: Bedeutsamer ist für uns das Faktum, daß von all den minderen Leistungen, die ein Sonderschüler aufzuweisen hat, ausgerechnet mit der Merkfähigkeit die Leistung trainiert wird, der im Bereich der Anpassungsleistungen hoher Wert zukommt. Diese einseitige Ausrichtung an der Merkfähigkeit garantiert andererseits durch die mangelnde Förderung produktiven Denkens eine unkritische Übernahme als unbezweifelbar darstehender Tatbestände, weil bei den gegebenen Voraussetzungen keine Möglichkeit des Erkennens von Zusammenhängen besteht. Warum wurde nicht versucht, über den Weg der Vermittlung von Erkenntnissen analysierendes, synthetisierendes, logisches Denken zu entwickeln? Die Bescheidenheit der Ergebnisse bisheriger unterrichtlicher Bemühungen hätte doch wohl sicherlich einen solchen anderen Weg gerechtfertigt. Wenn wir nun also vorschlagen, auch Sonderschülern den Zugang zu mathematischen Strukturen zu ermöglichen, geschieht dies nicht nur in der Hoffnung auf eine bessere mathematische Kompetenzförderung, sondern wesentlich auch im Hinblick auf eine damit verbundene bessere Förderung der Fähigkeiten, die Selbstbestimmungsfähigkeit, Kritikfähigkeit, Emanzipation erst ermöglichen. Wir denken dabei ebenfalls erst in zweiter Linie an die Beseitigung solcher analytischer Pseudobefunde, die vom Ziel der Beherrschung "einfacher Rechenoperationen" in der Schule für Lernbehinderte

sprechen, und sich über das, das eigentlich "einfach" oder "kompliziert" ist, gar nicht im klaren sind, ja nicht sein können, da man sonst einem Schüler, der die Begriffe 1 bis 10 erfaßt (haben soll), nicht die Kenntnis des wohl einfacher zu erfassenden Positionssystems vorenthalten würde und dadurch keine Zahlbereichsbegrenzungen festlegen müßte.

Die Tendenz einer unzureichenden Erfassung der Struktur des Positionssystems und der Umkehroperationen Addition und Subtraktion wird auch bei den Grundschulern in der Untersuchung 3.2. erkennbar.

Vergleichen wir das Leistungsverhalten der einzelnen Gruppen bei strukturgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen, so lassen sich zwar bei G_3 und G_4 wesentlich kleinere Differenzen feststellen als bei S_3 und S_4 , aber auch diese sind noch als bedeutsam zu bezeichnen. Die in der Untersuchung von MITSCHKA aufgezeigten Tendenzen werden somit bestätigt.

Es darf hier die Vermutung geäußert werden, daß auch Grundschüler nach Methoden unterrichtet wurden, die in nicht ausreichendem Maße als strukturorientiert zu bezeichnen sind; diese Kinder sind jedoch in der Lage, dieses Manko über eine höhere allgemeine Leistungsfähigkeit auszugleichen. Diese Vermutung wird durch das Leistungsverhalten bei den Umkehroperationen, insbesondere bei denen mit Zehnerübergang gestützt, wo die Subtraktionsaufgaben bei der Gruppe G_4 ein Minus von 8,24 Prozent gegenüber den Additionsaufgaben aufweisen.

4.3.4. Didaktische Folgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen die Hypothese, daß lernbehinderte Sonderschüler die Strukturgleichheit von Operationen in verschiedenen Zahlbereichen und bei Umkehroperationen nicht oder nicht ausreichend erkennen. Diese Ergebnisse bestätigen diejenigen BLEIDICKS (1968). Im Gegensatz zu der wegen der vermeintlich geringeren Leistungsfähigkeit der Schüler von ihm vorgeschlagenen didaktischen Konsequenz einer Einschränkung der Zahloperationen auf den Bereich 0 bis 1000 sehen wir die festgestellten Minderleistungen bei einem überwiegen- den Teil der Schüler als vorwiegend durch die in der Schule angewandten Methoden bedingt an. Es wurde die Vermutung ausgesprochen, daß auch Sonderschüler in der Lage sind, Strukturen zu erfassen und infolgedes- sen in einem strukturorientierten Unterricht die auf- gezeigten Minderleistungen nicht auftreten würden. Dies ist im folgenden zu überprüfen.

4.4. Untersuchung möglicher Lernleistungen der Schüler unter veränderten Bedingungen

Vorbemerkungen

In den bisherigen Überlegungen wurde versucht, eine zweifache Kritik (mangelnde Beachtung der Lernvoraussetzungen, mangelnde Strukturorientierung des Unterrichts) an gegenwärtigen didaktischen Konzepten auszuüben und diese empirisch zu belegen. Insgesamt sollten die dargestellten Ausführungen und Untersuchungen zum besseren Verständnis und zu einer adäquateren Interpretation der von bestimmten Schülergruppen in Querschnitt untersuchungen erbrachten Leistungen beitragen. Diese Leistungen sind demnach nicht nur Produkt eventuell bestehender - nicht näher greifbarer und zu umschreibender - defizitärer Anlagen oder mangelnder Förderung der Schüler durch die häusliche Umwelt (deviante Sozialisation), sondern auch Ergebnis inadäquater didaktischer schulischer Maßnahmen. Daraus leitet sich notwendig ab, daß bei einer Ausschaltung der hier genannten didaktischen Fehler viele der heutigen Sonderschüler wesentlich höhere Lernleistungen aufzuweisen hätten und somit nicht das Schicksal "Sonderschulbedürftigkeit" zu erleiden brauchten.

Natürlich kann mit dem Erkennen bestehender ungünstiger Lernvoraussetzungen aufgrund inadäquater Lernorganisation und der daraus abgeleiteten Folgerung höherer Lernleistung bei günstigeren Voraussetzungen nicht zugleich eine Angabe über das Maß eben jener besseren Lernleistungen erfolgen. Abgesehen von dem Tatbestand, daß zum Beispiel die beiden oben aufgezeigten Verfahren der Erarbeitung der Zahlbereiche zu qualitativ unterschiedlichen Leistungen führen und

somit nur schwer einem quantitativen Vergleich unterzogen werden können, ist die Wirkung strukturorientierten Lernens nur dann zu erfassen, wenn die Schüler von Beginn ihrer Schulzeit an mit Inhalten konfrontiert werden, deren Strukturelemente deutlich aufgezeigt und auf die Lernvoraussetzungen des Schülers abgestimmt werden können. Es scheint jedoch möglich, durch die kurzphasige Beobachtung des Verhaltens von lernbehinderten Sonderschülern in bestimmten Lernsituationen sowohl Hinweise auf eine mögliche Lernleistung im Vergleich zu anderen - bezüglich ihrer Lernfähigkeit als nicht behindert oder gestört angesehenen - Gruppen zu erhalten, als auch bisherige hypothetische Annahmen bezüglich besonderer irreparabler Minderleistungen von Sonderschülern in bestimmten Fähigkeiten zu überprüfen. Eine solche Überprüfung ist insofern von besonderer Bedeutung, als durch eine Verifizierung oder Falsifizierung dieser Hypothesen jeweils grundlegend verschiedene didaktische Maßnahmen mit entscheidenden Konsequenzen für die Schüler abgeleitet werden müßten.

Im nächsten Teil der Arbeit soll mittels verschiedener Längsschnittuntersuchungen das Lernverhalten der Schüler bei der Erarbeitung strukturierbarer (logischer) Inhalte beobachtet und dabei folgende hypothetische Grundannahme gegenwärtiger Didaktik überprüft werden:

Sonderschüler sind nicht oder kaum in der Lage, komplexe Strukturen und "rechnerisch-logische Zusammenhänge" (Hessischer Bildungsplan, S. 118, LESEMANN, S. 353f) zu erfassen. Das didaktische Pendant dieser Minderleistung besteht in der Vermeidung des Trainings und der Darstellung logischer Zusammenhänge, in dem Lernen in kleinsten Schritten und in dem Auswendiglernen von Zahlrelationen.

Die Überprüfung dieser Annahme und der ihr gegenübergestellten obigen Hypothese soll durch drei verschiedene Untersuchungen geschehen (vgl. S. 86f). Im ersten Experiment wird versucht, lernbehinderten Sonderschülern durch ein

strukturorientiertes Verfahren auf der "Ebene der unmittelbaren Anschauung" (GALPERIN)¹⁾ Grundelemente des Aufbaus des Zahlbereichs 10 bis 100 zu vermitteln und auf die Ebene der mittelbaren Anschauung zu überführen. Diese Einsichten sollen nicht durch ein schrittweises Erweitern des Zahlbereichs, sondern durch die Provozierung der Erkenntnis der Strukturgleichheit von Operationen trotz der äußerlich bestehenden Differenzen gewonnen werden.

Während in der Untersuchung 1 die Fähigkeit des Erkennens der Struktur eines komplexen mathematischen Inhalts (Positionssystem) überprüft wird - die Struktur des Inhalts bleibt hierbei jeweils konstant - soll eine höhere Form dieser Fähigkeit in der zweiten Untersuchung an zunächst als nicht mathematisch erscheinenden Inhalten untersucht werden. Hier wechseln im Gegensatz zum Gegenstand der Untersuchung 1 der Inhalt und die Struktur ständig. Ein Schüler, der die Aufgaben lösen will, muß über das Erkennen bestimmter Strukturen hinaus in der Lage sein, Gemeinsames verschiedener Strukturen zu erkennen, das heißt Strukturen von Strukturen zu erfassen. Es handelt sich hier um eine abstraktere Leistung, auch wenn diese am konkreten Gegenstand aufgezeigt werden soll. Es wird zu überprüfen sein, ob lernbehinderte Sonderschüler hier Lernerfolge erzielen können.

In einer dritten Untersuchung schließlich sollen lernbehinderte Sonderschüler mittels logischer Schlüsse - der Lösungsweg bleibt ihnen freigestellt - relative Größen bestimmen. Hier wird überprüft, ob die Schüler in der Lage sind, durch das wiederholende Gegenüberstellen der "geschätzten" und der tatsächlichen Größe sich dem Realwert neu zu bestimmender Größen anzunähern. Beginnen wir mit der Untersuchung 4.1.

¹⁾ vgl. hierzu Gullasch 1973, S. 48

4.4.1. Überprüfung der Lernleistung von Sonderschülern
bei einer strukturorientierten Erarbeitung des
Zahlbereichs $Z = \{0, 1, 2, \dots, 100\}$

- Überprüfung der Hypothese 4.1. -

Allgemeine Vorbemerkungen

Wir haben in der oben dargestellten Untersuchung feststellen können, daß Sonderschüler strukturgleiche Operationen in verschiedenen Zahlbereichen unterschiedlich bewältigt haben. Als Ursache hierfür wurde nicht eine besonders geminderte mathematische Leistungsfähigkeit, sondern die Art bisherigen methodischen und didaktischen Vorgehens seitens der Schule angesehen.

Das in der Sonderschule vorherrschende synthetische Verfahren des schrittweisen Aufbaus des Zahlbereichs läßt eine Einsicht in die Struktur des Positionssystems zumal dann nicht zu, wenn dem Schüler aufgrund der Überzeugung von seiner vermeintlich geminderten Leistungsfähigkeit Lernsituationen vorenthalten werden, die kategoriale Einsichten beziehungsweise einen Transfer ermöglichen würden. Obwohl der Hessische Bildungsplan sein Vorgehen als "sachlogisch begründet" (Hessischer Bildungsplan, S. 118) bezeichnet, muß die fehlende Einsicht in mathematische Zusammenhänge als durch den bisherigen Rechenunterricht vermutlich wesentlich mitbedingt bezeichnet werden, da

- verschiedene Operationen nicht zugleich mit ihren Umkehroperationen behandelt werden,
- die isolierte Behandlung bestimmter Operationen in verschiedenen Zahlbereichen Strukturgleichheit der Operation nicht erkennen läßt,
- das Ausgangsniveau der Kinder ungenügend berücksichtigt wird.

In diese Aussage gehen jedoch zwei Hypothesen ein:

1. Das schulische Lernen ist nicht ausreichend strukturorientiert. Bei einer besseren Strukturorientierung werden quantitativ bessere und qualitativ angemessenere Leistungen möglich (Erkennen und Übertragen logischer Strukturen anstelle des Auswendiglernens von Verfahren).
2. Strukturorientiertes Lernen ist auch lernbehinderten Sonderschülern möglich.

Die Hypothese 1 konnte bei der obigen Untersuchung der Effektivität verschiedener Unterrichtsverfahren überprüft und verifiziert werden. Die Hypothese 2, die sich bisherigen Auffassungen, wie sie vor allem in der Gestaltung des Lehrplans zum Ausdruck kommen (vgl. obige Überlegungen zur Behandlung des Positionssystems), diametral entgegenstellt, bedarf noch einer eingehenderen Überprüfung. Hinweise auf mögliche Tendenzen kann aber auch oben dargestellte Untersuchung der Wirkung strukturontierter Unterrichtsverfahren liefern, wo Hauptschüler des 5. Schulbesuchsjahres mit unterdurchschnittlicher Leistung in kurzer Zeit dem Ziel "Erkennen der Struktur des Positionssystems" näher kamen. Es kann jedoch bereits jetzt festgestellt werden, daß eine Verifizierung dieser Hypothese notwendig zu grundlegenden Änderungen bisheriger Lehrpläne und bisheriger fachdidaktischer Grundsätze der Schule für Lernbehinderte führen würde.

Eine solche Verifizierung ist nur mittels einer Längsschnittuntersuchung möglich.

Der von uns zu diesem Zweck zu planende strukturorientierte Unterricht mit dem Thema "Erarbeitung des Zahlbereichs 1 bis 100" wird in der Bereitstellung von Lernsituationen, in denen grundlegende Einsichten gewonnen werden und von solchen, auf die die gewonnenen Einsichten übertragen werden können, seinen Schwerpunkt haben.

Das "mechanisierende Üben" (BLEIDICK) und Auswendiglernen

von irgendwelchen Zahlverknüpfungen, das in der bisherigen Praxis eine dominierende Rolle spielt, wird demgegenüber völlig gemieden. Nicht die unter dem Begriff "knowledge" zusammenzufassenden Ziele der Wiederentdeckung von im Lehrgang bereits bewältigten Aufgaben - auf sie sind die bisherigen Methoden der Schule für Lernbehinderte zumeist ausgerichtet - sind also in diesem Versuch anzustreben, sondern die unter dem Begriff "comprehension" zusammenzufassenden Leistungen des Erfassens von Strukturelementen und ihrer Anwendung (Übertragung) in neuen Situationen.

4.4.1.1. Planung der Untersuchung

Soll Unterricht sinnvoll nach dem Modell der Strukturaufbauten geplant und durchgeführt werden, müssen die Lernvoraussetzungen erfüllt sein. Umgekehrt kann wiederum die Wirkung eines Programms oder - wie in unserem Falle - eine mögliche Lernleistung in einem bestimmten Bereich nur dann geprüft werden, wenn die Probanden die für das zu erarbeitende Thema erforderlichen Lernvoraussetzungen erfüllen. Unsere Untersuchung gliedert sich daher in eine Voruntersuchung und in eine Hauptuntersuchung.

In der Voruntersuchung soll festgestellt werden, inwieweit die Schüler die Lernvoraussetzungen für den zu erarbeitenden Inhalt erfüllen. Kinder, die die Voraussetzungen nicht erfüllen, müssen bei der Intention der Erreichung optimaler Lernergebnisse entweder aus der Stichprobe herausgenommen werden oder durch ein zusätzliches Trainingsprogramm die Möglichkeit zum Erwerb der Lernvoraussetzung für das Hauptprogramm erhalten. Bei den gegenwärtig praktizierten didaktischen Konzepten dürften jedoch kaum Probanden zu finden sein, die diese Voraussetzungen erfüllen.

1. Ziel der Untersuchung

Die Untersuchung soll klären, ob Sonderschüler in der Lage sind, die Struktur des Positionssystems zu erfassen. Sie soll damit zugleich überprüfen, ob die gegenwärtige Praxis der Erarbeitung des Positionssystems dem Schüler optimale Möglichkeiten bietet.

Die Überprüfung der Hypothese 4.1. ist damit zentrales Anliegen dieser Untersuchung.

2. Auswahl der Probanden

Bei der Auswahl der Stichprobe mußten folgende Kriterien berücksichtigt werden:

1. Die Kinder sollten den Zahlbereich bis 10 erarbeitet, den Zahlbereich 10 bis 100 beziehungsweise 20 bis 100 jedoch noch nicht eingehend kennengelernt haben. Da der Hessische Bildungsplan der Schulen für Lernbehinderte in dem dritten Schuljahr die Erarbeitung des Zahlbereichs 1 bis 10 und im vierten Schuljahr die des Bereiches 1 bis 20 vorschlägt, ist eine Durchführung der von uns geplanten Untersuchung zu Beginn des vierten Schuljahres (Zeitraum August bis Dezember) empfehlenswert, vorausgesetzt, die ausgewählten Schüler wurden nach dem im Lehrplan vorgeschlagenen Inhaltskatalog und in der empfohlenen Inhaltsanordnung unterrichtet.
2. Die geplante Untersuchung konnte nur dann zu einer Überprüfung der Hypothese beitragen, wenn alle Schüler der ersten Untersuchung für einen mindestens vierwöchigen strukturorientierten Unterricht und für eine zweite abschließende Überprüfung zur Verfügung stehen konnten.

3. Im Interesse einer Einbeziehung von Probanden eventuell unterschiedlichen Leistungsvermögens war eine möglichst geschlossene Aufnahme aller Schüler einer Klasse in die Stichprobe sinnvoll. Dies bedeutet jedoch, daß die Untersuchung nur an vollausgebauten Schulen durchgeführt werden konnte.
 4. In Anbetracht des Aufwandes einer solchen Untersuchung schien zunächst die Überprüfung zweier Klassen zumal dann auszureichen, wenn primär die Beobachtung der Leistungsänderungen der einzelnen Schüler im Vordergrund steht.
 5. Auf Grund der in Punkt 2 und 3 dargestellten Überlegungen wurden für die Untersuchung die Klasse 4a der Pestalozzischule in Marburg (15 Kinder) sowie die Klasse 4 (14 Kinder) der Schule für Lernbehinderte in Großenlinden ausgewählt. Zu diesen 14 Kindern kamen in Großenlinden noch fünf Schüler der Klasse 5, die im Rechenunterricht den Leistungsstand der Schüler der Klasse 4 aufzuweisen hatten. Sechs dieser insgesamt 19 Kinder aus Großenlinden erfüllten jedoch trotz eines durchgeführten Trainingskurses die Lernvoraussetzungen für das ausgewählte Thema nicht, so daß sie zwar mit den übrigen Kindern mitarbeiten durften, bei der späteren Auswertung der Ergebnisse aber nicht berücksichtigt wurden.
3. Untersuchungsmethode

1. Voruntersuchung

Überprüfung der Lernvoraussetzungen für den ausgewählten Inhalt.

1. Planung der Voruntersuchung

Als Lernvoraussetzungen für den ausgewählten Lerninhalt werden angesehen (vgl. S. 59):

1. der Begriff der Zahlen 1 bis 10: die Zahl als Eigenschaft einer Menge, Ziffer und Zahlwort als Symbol einer Äquivalenzklasse, Erstellen der Relationen $Z_M < Z_N$, $Z_M > Z_N$, $Z_M = Z_N$.
2. Additive und subtraktive Verknüpfungen im Zahlbereich bis 10.

Zu 1.:

Die Zahl als Symbol einer gemeinsamen Eigenschaft mehrerer Mengen kann nur dann erfaßt sein, wenn die Kinder von der Konstanz von Mengen unabhängig von äußeren Umordnungen der Elemente überzeugt sind. Die Konstanz der Menge ist wiederum nur erkennbar, wenn die Schüler zwei Mengen durch eine Stück-für-Stück-Zuordnung als "äquivalent" beziehungsweise "nicht äquivalent" einordnen können. Beide hier genannten Leistungen werden durch das im Anhang (C 11 - C 17) dargestellte Prüfverfahren geprüft.

Die Zuordnung der Mengen zu bestimmten Äquivalenzklassen (das Nennen der Zahleigenschaft der Menge) wurde bewußt nicht in die Prüfung aufgenommen, da sich hierdurch nach unseren Erfahrungen die Probanden bei der Invarianzprüfung zum Zählen verleiten lassen.

Zu 2: Überprüfung der Zahloperationen im Zahlbereich 1 bis 10 (1 bis 20)

Die Prüfung der Frage, inwieweit die Schüler in der Lage sind, aufgrund des Erfassens der Struktur des Positionssystems in verschiedenen Zahlbereichen nicht speziell trainierte Zahlverknüpfungen auszuführen, setzt die Beherrschung der Grundoperationen im Zahlbereich 1 bis 20 (mindestens jedoch im Zahlbereich 1 bis 10) voraus. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, können Minderleistungen bei der Kontrolle des Lernerfolges nicht als durch das Strukturfeld beziehungsweise durch die geminderte Leistungsfähigkeit des Schülers bedingt erklärt werden.

Um die Voruntersuchung nicht übermäßig auszudehnen, und um außerdem die Schüler von der weiteren Untersuchung ausschließen zu können, die die Lernvoraussetzungen nicht erfüllen oder bereits die erst durch den Unterricht anzustrebende Leistung vollbringen, wurde die Überprüfung der arithmetischen Leistung im Zahlbereich 1 bis 10 (1 bis 20) mit der ersten Querschnittsuntersuchung der Hauptuntersuchung verknüpft. Als Verfahren zur Überprüfung der arithmetischen Leistung in verschiedenen Zahlbereichen wurde eine Kurzform des auf Seite 229a dargestellten strukturorientierten Prüfverfahrens eingesetzt (vgl. Übersicht auf Seite 273).

Den geforderten Lernvoraussetzungen entsprechend gliedert sich die Voruntersuchung somit in die Überprüfung

- a) des varianten - invarianten Verhaltens,
- b) der Rechenleistung im ZR 1 bis 10 (1 bis 20).

Da die Ergebnisse der Voruntersuchung die Planung und den Verlauf der Hauptuntersuchung beeinflussen, sollen diese bereits an dieser Stelle kurz aufgezeigt werden.

2. Ergebnisse der Voruntersuchung:

Erfüllung der Lernvoraussetzungen.

1. Invariantes Verhalten:

Die Probanden der Stichprobe Marburg zeigten nach einem kurzen Training mengeninvariantes Verhalten.

10 der 13 Kinder der Stichprobe 2 zeigten sich jedoch bei mindestens einem Prüfitem variant.

2. Operieren im Zahlenraum 1 bis 10:

Während von der Stichprobe Marburg 93,3 Prozent der Additionsaufgaben und 35,6 Prozent der Subtraktionsaufgaben aus dem Zahlbereich 1 bis 10 gelöst wurden, wies die Stichprobe GL bei den Additionsaufgaben einen Lösungsanteil von 87,2 Prozent und bei den Subtraktionsaufgaben einen solchen von 82,1 Prozent auf.

Aufgrund dieser Ergebnisse können wir folgende Aussagen über die Erfüllung der Lernvoraussetzungen für die Bearbeitung des ausgewählten Inhalts "Erweitern des Zahlbereiches 1 bis 10 auf den Zahlbereich 1 bis 100" treffen:

Die Schüler der Gruppe MR erfüllen durch ihr invariantes Verhalten eine der wesentlichen Voraussetzungen für den Erwerb des Zahlbegriffes. Ob diese Kinder nun auch über den Zahlbegriff verfügen, kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht beantwortet werden. Mit Sicherheit kann jedoch die Aussage getroffen werden, daß die Schüler die Addition und Subtraktion nicht als reversible Operationen ansehen.

Die Stichprobe GL wiederum hat mit Lösungshäufigkeiten von 87,2 und 82,1 Prozent in beiden Operationen einen fast gleich hohen Lösungsanteil erzielt, woraus unter Umständen ein Erfassen der Addition und Subtraktion als Umkehroperationen abgelesen werden kann. Dies muß jedoch aufgrund des varianten Verhaltens der Schüler und der nicht vorliegenden Zahlbegriffe ebenfalls infrage gestellt werden. Es kann vielmehr angenommen werden, daß sich diese Schüler in der bisher üblichen Form additive und subtraktive Zahlverknüpfungen im Zahlbereich 1 bis 10 gut eingeprägt haben.

Bei beiden Gruppen werden die Lernvoraussetzungen nicht erfüllt. Wenn wir uns trotzdem dazu entschließen, diese Gruppen als Versuchsgruppen auszuwählen, so geschieht dies in Kenntnis des Tatbestandes, daß bei den gegenwärtig angewandten Unterrichtsmethoden entsprechende Gruppen mit besseren Voraussetzungen kaum aufzufinden sind. Es kann weithin angenommen werden, daß die in unseren geplanten Unterricht ständig einfließende Betrachtung wichtiger Elemente des Strukturvorfeldes noch zu einem teilweisen Nachvollzug der Lernvoraussetzungen führt.

Sollte die Untersuchung trotz dieser ungünstigen Voraussetzungen dennoch Tendenzen in Richtung unserer Hypothesen aufzeigen, so kann bei einer Erfüllung der Lernvoraussetzung eine Verstärkung dieser Tendenzen erwartet werden.

2. Hauptuntersuchung

1. Aufbau

Die Hauptuntersuchung ist unterteilt in eine

- erste Querschnitt~~-~~untersuchung zur Ermittlung der Ausgangsleistung der Schüler hinsichtlich des zu erarbeitenden Inhalts,
- Phase strukturorientierten Unterrichts über vier Wochen mit insgesamt 16 bis 20 Unterrichtsstunden,
- zweite Querschnitt~~-~~untersuchung zur Ermittlung der Endleistung nach Durchführung des strukturorientierten Unterrichts.

Mit Hilfe dieses Vorgehens soll die Möglichkeit der Einflußnahme auf das Erfassen der Struktur des Positionssystems überprüft werden. Als Prüfverfahren für den Prä - und Posttest wurde eine Kurzform des bereits in der Untersuchung 3.1. angewandten Verfahrens zur Überprüfung der Rechenleistung bei strukturgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen eingesetzt. Die Items, deren Beziehung zueinander (infralogische Struktur) aus der auf der folgenden Seite dargestellten Übersicht erkennbar ist, lassen Aussagen über die Leistung der Probanden

- bei strukturgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen,
- bei zahlgleichen Umkehroperationen

mit und ohne Zehnerübergang bei ein- und mehrstelligen Summanden / Subtrahenden zu.

Prä - und Posttest wurden als Gruppentest jeweils in der zweiten Stunde durchgeführt. Die Schüler erhielten hierzu einen Protokollbogen, auf dem die Items verzeichnet waren und in den die Ergebnisse eingetragen werden sollten. Jeder Proband hatte für die Bewältigung der Items maximal 45 Minuten Zeit.

Tabelle 42:

Strukturorientierte Items zur Überprüfung der arithmetischen Leistung

		Reversibilität						Inhalte des Unterrichts- programms				
		einstelliger Summ./Subtr. o. ZÜ		mehrstelliger Summ./Subtr. o. ZÜ		einstelliger Summ./Subtr. m. ZÜ						
		Add.	Subtr.	Add.	Subtr.	Add.	Subtr.					
direkter Transfer	ZR 1 - 100	ZR 1 - 10	A1 2 + 6 6 + 3 3 + 7	A1 8 - 6 9 - 3 10 - 7	D1 30+40 40+27 53+30 27+62 70-40 67-27 83-30 89-62	E1 8 + 4 3 + 8 19 + 5 86 + 7 97 + 6	E1 12 - 4 11 - 8 24 - 5 93 - 7 103 - 6					
			ZR 10-20	A2 10 + 4 11 + 7 12 + 8				A2 14 - 4 18 - 7 20 - 8				
				ZR 20-100				A3 20 + 7 22 + 6 84 + 6 98 + 2	A3 27 - 7 28 - 6 90 - 6 100 - 2			
		ZR 100 - 1000						ZR H00-H10	B1 102 + 6 206 + 3 103 + 7	B1 108 - 6 209 - 3 110 - 7	D2 300+400 400+270 620+300 700-400 670-270 920-300	E2 108 +5 203 +9 419 +6 586 +8
			ZR H10-H20						B2 410 + 4 111 + 7	B2 414 - 4 118 - 7		
				ZR TH00-TH10					C1 2102 +6 2206 +3 4103 +7	C1 2108- 6 2209- 3 4110- 7		
								ZR TH10-TH20	C2 5410 +4 12111 +7	C2 5414- 4 12118- 7		

Anmerkungen zum Kurs:

Erweiterung des Zahlbereichs von 1 bis 10 (1 bis 20)
auf den Zahlbereich 1 bis 100 (1 bis ∞).

1. Der Lehrgang wurde für 16 bis 20 Unterrichtsstunden geplant. In ihm sollten solche lernbehinderte Sonderschüler gefördert werden, die im Zahlbereich 1 bis 10 (1 bis 20) additive und subtraktive Verknüpfungen ausführen konnten und des weiteren über den Zahlbegriff verfügten. Für ein Vorgehen im Sinne des strukturorientierten Unterrichts ist es unbedingt erforderlich, daß diese Voraussetzungen erfüllt sind. Die von uns ausgewählten Probanden erfüllen diese Voraussetzungen nur teilweise - ein strukturorientierter Unterricht im engeren Sinne ist somit nicht möglich. Wir führen unser Experiment dennoch durch, da wir glauben, wenigstens Hinweise in Richtung auf eine Verifizierung beziehungsweise Falsifizierung unserer Hypothese erhalten zu können.
2. In dem Lehrgang wird den Schülern zunächst Gelegenheit gegeben, im Zahlbereich 20 bis 100 mit Hilfen isomorphen Materials konkrete Handlungen in einer solchen Folge auszuführen, daß trotz der sich verändernden Situation eine jeweils gleiche Handlung ausgeführt werden muß und die Identität dieser Handlungen erkannt werden kann. Durch die zusätzliche Verbindung von Mengenoperationen und Zahloperationen gewinnt der Schüler die Kenntnis, daß - vorausgesetzt wir bündeln jeweils zehn Elemente - die durch die Zahloperation $16 + 3$ "repräsentierte" Operation auf der Mengenebene die gleiche Handlung erfordert wie die durch die Zahloperation $86 + 3$ symbolisierte.
3. Werden diese Operationen bewältigt, so scheint es unseres Erachtens unerläßlich, den Interiorisierungsprozeß zu provozieren, um zunächst einmal zum vorstellenden Handeln gelangen zu können.¹⁾

1) Wir gehen auf dieses Problem in der Untersuchung 5.1. näher ein.

Die Schüler werden deshalb dazu ermuntert,

- eine Handlung vorstellend zu wiederholen,
- die ausgeführte Handlung sprachlich darzustellen,
- die Handlung in entgegengesetzter Richtung auszuführen,
- die Handlung vorstellend in entgegengesetzter Richtung auszuführen und anschließend durch eine konkrete Handlung zu überprüfen,
- eine neue Aufgabe teilweise vorstellend zu lösen,
- eine neue Aufgabe vorstellend zu lösen und durch eine konkrete Handlung zu überprüfen,
- eine neue Aufgabe vorstellend auszuführen und das Ergebnis durch den Vergleich mit anderen Probanden zu überprüfen,
- neue Aufgaben zu lösen ohne die Vorstellung anzusprechen.

Durch dieses Vorgehen soll den Schülern die Möglichkeit gegeben werden, von der Ebene der konkreten Handlung über die Ebene der unmittelbaren Anschauung zur Ebene der mittelbaren Anschauung zu gelangen. Im Gegensatz zu den in der Literatur häufig entwickelten Vorstellungen (vgl. zum Beispiel die Empfehlungen des Hessischen Bildungsplanes für den Rechenunterricht in der Schule für Lernbehinderte, S. 118 f.), die auf der Unterstufe ein "handelndes Tun mit den Dingen" und auf der Mittelstufe den Übergang vom "rechnerischen Tun zum vorstellenden Rechnen" empfehlen, sind wir in Anlehnung an die Ansichten GALPERINS der Auffassung, daß bei jedem Inhalt, an dem bestimmte Grundeinsichten vermittelt werden sollen, der hier aufgezeigte Weg zu beschreiten ist.

Neben dem quantitativen Ziel: "Der Schüler soll additive und subtraktive Verknüpfungen aus der Zahlmenge $Z = \{1, 2, \dots, 100\}$ mit einer Fehlerquote von maximal 10 Prozent bewältigen können", - für dieses Ziel sieht die Schule für Lernbehinderte mindestens ein Jahr vor - wird zusätzlich das Ziel angestrebt: "Die Schüler sollen

additive und subtraktive Verknüpfungen aus dem genannten Zahlbereich vorstellend ausführen können". Im Abschlußtest werden daher keine Arbeitsmaterialien an die Schüler ausgegeben.

4. Das Zugmodell bildet den konkreten Hintergrund auf der Ebene der Menge für die Entwicklung der Operationen im Zahlraum Z_{1-100} . Es stellt eine mögliche Form der Darstellung des Positionssystems als Bündelungssystem dar. Dieses Modell wurde als Ausgangspunkt der Veranschaulichung des Positionssystems als Bündelungssystem ausgewählt, weil in einer umfangreichen empirischen Überprüfung des komplexen Erfassens von Mengen sich die Quadratdoppelreihe bei einem Vorgeben der größtmöglichen Gesamtmenge (negative Ergänzungsverfahren, vgl. die Untersuchung 5.3.) als die effektivste Anordnung herausgestellt hatte. Ein weiterer Grund der Entscheidung für diese Anordnung liegt in dem Tatbestand, daß die Schüler zugleich mit dem Bestimmen der Zahleigenschaft der dargestellten Menge auch die Zahleigenschaft der zu einem vollen Bündel (Zehner im Zehnersystem) fehlenden Menge festlegen. Das Ergänzen beziehungsweise das Aufgliedern eines Summanden oder Subtrahenden bei einem Übergang von einer Position zur anderen wird dadurch eventuell erleichtert.

Selbstverständlich kann, wie bereits oben ausgeführt wurde, das Stellenwertsystem als Bündelungssystem nur dann erfaßt werden, wenn sowohl durch die Einführung weiterer Veranschaulichungsmodelle als auch durch das Operieren mit Zahlen unterschiedlicher Basen die Möglichkeit zur Loslösung von der konkreten Situation und damit letztlich erst zur Erfassung der Grundstruktur des Positionssystems geboten wird. Diese Möglichkeiten sind im Anschluß an die von uns geplante Unterrichtsfolge zu bieten (Strukturelemente 14 - 17 der oben aufgezeigten Strukturfolge, vgl. S.69).

2. Die Planung strukturorientierten Unterrichts:
Erweiterung des Zahlbereichs 1 bis 10 (1 bis 20)
auf den Zahlbereich 1 bis 100

Zur Planung strukturorientierten Unterrichts gehört - wie bereits mehrfach dargestellt - die ständige Beachtung des Wechselbezuges zwischen Lernanforderung und Lernvoraussetzung. Die Strukturelemente und Elementenfolge sind durch die Strukturfeldanalyse zu ermitteln. Hinsichtlich der methodischen Maßnahmen und der "progressiven Differenzierung" (FISCHER 1962) müssen jedoch von Unterrichtseinheit zu Unterrichtseinheit für bestimmte Schülergruppen jeweils neue Entscheidungen getroffen werden, die grundsätzlich nicht vollständig planbar sind. Den beiden Untersuchungsleiterinnen, Ch. ZWACK und I. DEPPE, wurde daher ein Untersuchungsplan zur Verfügung gestellt, der im didaktischen Bereich als vollständig, im methodischen Bereich hingegen als ergänzungsbedürftig anzusehen ist. Im Abschnitt 3.4.2. ist zu dem behandelten Thema exemplarisch eine Strukturfeldanalyse und ein Strukturaufbau aufgezeigt. Des weiteren ist im Anhang (S. E 1 - E 15) der hieraus erstellte Unterrichtsablauf von I. DEPPE und Ch. ZWACK festgehalten.

4.4.1.2. Darstellung der Ergebnisse

4.4.1.2.1. Stichprobe Marburg

1. Gesamtergebnis

Von 15 Probanden waren jeweils 72 Items aus dem Bereich 0 bis ∞ zu lösen. Addiert man alle Lösungen ohne Berücksichtigung der Zahlbereiche und ohne Berücksichtigung der Operationsarten auf, so ergeben sich für die Anfangs- und Endleistung folgende mittlere und absolute Lösungshäufigkeiten:

Tabelle 43:

Absolute und relative Gesamtlösungshäufigkeiten vor und nach dem strukturorientierten Unterricht

	mögl. Lös.	tats.Lös.	%	$\bar{x}$	s
Anfangsleist.	1080	349	32,5	23,7	12,8
Endleistungen	1080	732	67,8	49,1	14,6

Während im ersten Test etwa ein Drittel der Aufgaben gelöst werden konnte, waren die Schüler nach dem 16-tägigen strukturorientierten Unterricht in der Lage, etwa zwei Drittel aller Items zu lösen. Da bei allen Probanden die Leistung nach dem Unterricht höher war als bei der ersten Untersuchung, läßt sich nach dem Wilcoxon-Test ein $T_1 = 0$ ermitteln, was bei einem $N = 15$ die Aussage zuläßt, daß zwischen der ersten und zweiten Leistung ein sehr bedeutsamer Unterschied besteht.

Für didaktische und methodische Überlegungen ist natürlich von besonderem Interesse, durch welche Veränderungen in welchen Teilbereichen (Itemgruppen) diese komplexe Leistungsveränderung zustande gekommen ist. Laut

Itemstrukturplan unterscheiden wir zwischen folgenden Itemkomplexen:

A :	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	1 - 100
A ₁	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	1 - 10
A ₂	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	10 - 20
A ₃	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	20 - 100
B :	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	100 - 1000
B ₁	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	100 - 110
B ₂	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	110 - 120
B ₃	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	120 - 1000
C :	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	T - ∞ ¹⁾
C ₁	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	T - T 10
C ₂	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	T10 - T 20
C ₃	einstelliger Summand/Subtrahend	Zahlbereich	HT20 - ∞
D :	mehrstelliger Summand /Subtrahend		
	ohne Zehnerübergang	Zahlbereich	1 - 1000
D ₁	mehrstelliger Summand /Subtrahend		
	ohne Zehnerübergang	Zahlbereich	1 - 100
D ₂	mehrstelliger Summand / Subtrahend		
	ohne Zehnerübergang	Zahlbereich	100 - 1000
E:	einstelliger Summand/Subtrahend		
	mit Zehnerübergang	Zahlbereich	1 - 1000
E ₁	einstelliger Summand/Subtrahend		
	mit Zehnerübergang	Zahlbereich	1 - 100
E ₂	einstelliger Summand/Subtrahend		
	mit Zehnerübergang	Zahlbereich	100 -1000

Innerhalb dieser Itemkategorien waren die Additionsaufgaben und Subtraktionsaufgaben zahlgleich.

1) Zeichenerklärung : T = Tausend
H = Hundert

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse des Vor- tests und Nachtests nach den Itemhauptkategorien A B C, D und E zusammengefaßt. In der Kategorie A B C sind die Operationen mit einstelligen Summanden/Subtrahenden ohne Zehnerübergang im Zahlbereich 1 bis 1 Million, in der Kategorie D die Operationen mit mehrstelligen Summanden/Subtrahenden und in der Kategorie E die Operationen mit Zehnerübergang im Zahlbereich bis 1000 enthalten.

Tabelle 44:

Mittlere Anfangs- und Endleistung der Stichprobe "Marburg" in den Kategorien A B C, D und E bei der Addition und Subtraktion

Item- kate- gorie	mögl. Lös.	AL			EL			%Diff. EL - AL
		$\bar{x}$	$\bar{x}\%$	s	$\bar{x}$	$\bar{x}\%$	s	
<u>Add.</u>								
ABC	20	11,6	58	3,20	16,0	80	3,2	22
D	7	0,9	13	2,15	4,8	69	2,3	56
E	9	3,8	42	2,76	5,5	61	2,6	19
<u>Subtr.</u>								
ABC	20	4,5	23	5,90	12,9	65	4,9	42
D	7	1,4	20	2,35	5,7	81	2,0	61
E	9	1,0	11	1,13	3,9	43	2,1	32

Bei dieser Form der Aufschlüsselung der Ergebnisse zeigt sich deutlich, daß sowohl bei der Addition/Subtraktion mit einstelligen Summanden/Subtrahenden mit und ohne Zehnerübergang als auch bei der Addition/Subtraktion mehrstelliger Summanden/Subtrahenden ein deutlicher Lernzuwachs festzustellen ist. Allerdings bestehen zwischen den einzelnen Kategorien erhebliche "Lernzuwachs-Differenzen". Während die Kategorie D eine Steigerung der Lösungshäufigkeiten um 56 (Addition) beziehungsweise 61 (Subtraktion) Prozent zu verzeichnen hat, sind die Operationen mit Zehnerübergang mit einer Steigerungsrate von 19 (Addition) beziehungsweise 32 (Subtraktion) Prozent am geringsten.

Setzen wir zur Überprüfung der Bedeutsamkeit der Leistungsunterschiede zwischen der ersten Untersuchung und der zweiten Untersuchung den Wilcoxon-Test ein, so erhalten wir folgende Ergebnisse:

Tabelle 45:

Vergleich der Anfangsleistung (AL) und Endleistung (EL) in den Kategorien A B C, D, E - Addition und Subtraktion, Ergebnisse des Wilcoxon - Tests

Itemgruppe	Add.			Sub.		
	N	T	Bed.	N	T	Bed.
ABC	13	2,05	s s	14	2	s s
D	13	0	s s	11	1	s s
E	8	24	n s	14	0	s s

Außer bei der Addition in der Kategorie E sind alle Leistungsunterschiede als weit überzufällig zu bezeichnen (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 1\%$).

Betrachtet man die Ergebnisse der einzelnen Probanden (vgl. Tabelle 46) so läßt sich bei dem größten Teil der Probanden eine höhere Endleistung (+) feststellen.

Tabelle 46:

Vergleich der Anfangs- und Endleistung der 15 Probanden in den Kategorien A B C, D und E - Addition und Subtraktion

Operation	A B C			D			E		
	+	=	-	+	=	-	+	=	-
Addition	13	1	1	13	2	0	8	3	4
Subtrakt.	14	0	1	11	3	1	14	1	0

Zeichenerklärung: + = Überwiegen der EL (Endleistung)
 = = Anfangs- und Endleistung sind gleich
 - = Anfangsleistung ist höher als Endleistung

2. Die Leistungen der Probanden in den verschiedenen Zahlbereichen

Von weitaus größerem Interesse dürfte im Hinblick auf unser Untersuchungsanliegen eine Betrachtung der Leistungen in den verschiedenen Zahlbereichen sein. Dies soll zunächst für die Operation mit "einstelligem Summanden/Subtrahenden ohne Zehnerübergang" geschehen.

Da, wie oben festgestellt werden konnte, die Schüler bei der Addition eine höhere Leistung aufweisen als bei der Umkehroperation Subtraktion, wird im folgenden die Leistung bei beiden Operationsarten getrennt betrachtet.

Tabelle 47

Absolute und relative Lösungshäufigkeiten bei der Addition und Subtraktion in verschiedenen Zahlbereichen

		Z a h l b e r e i c h e										
		Operation	A ₁	A ₂	A ₃	A	B ₁	B ₂	B	C ₁	C ₂	C
Addition		mögl.Lös.	45	45	60	150	45	30	75	45	30	75
	AL	Lös. abs.	42	38	52	132	23	13	36	4	2	6
		Lös. %	93	84	87	88	51	43	48	9	7	8

	EL	Lös.abs.	43	39	59	141	41	24	65	26	21	47
		Lös. %	96	87	98	94	91	80	87	58	70	63

	Diff.%"EL-AL"	+3	+3	+15	+6	+40	+37	+39	+49	+63	+55	
Subtraktion	AL	Lös. abs.	16	17	18	51	7	4	11	4	2	6
		Lös. %	36	38	30	34	16	13	15	9	7	8

	EL	Lös. abs.	43	32	38	113	30	21	51	21	14	35
		Lös. %	96	71	63	75	67	70	68	47	47	47

	Diff.%"EL-AL"	+60	+33	+33	+41	+51	+57	+53	+38	+40	+39	

Abbildung 8:

Additions- und Subtraktionsleistungen des Prä- und Posttests in den verschiedenen Zahlbereichen

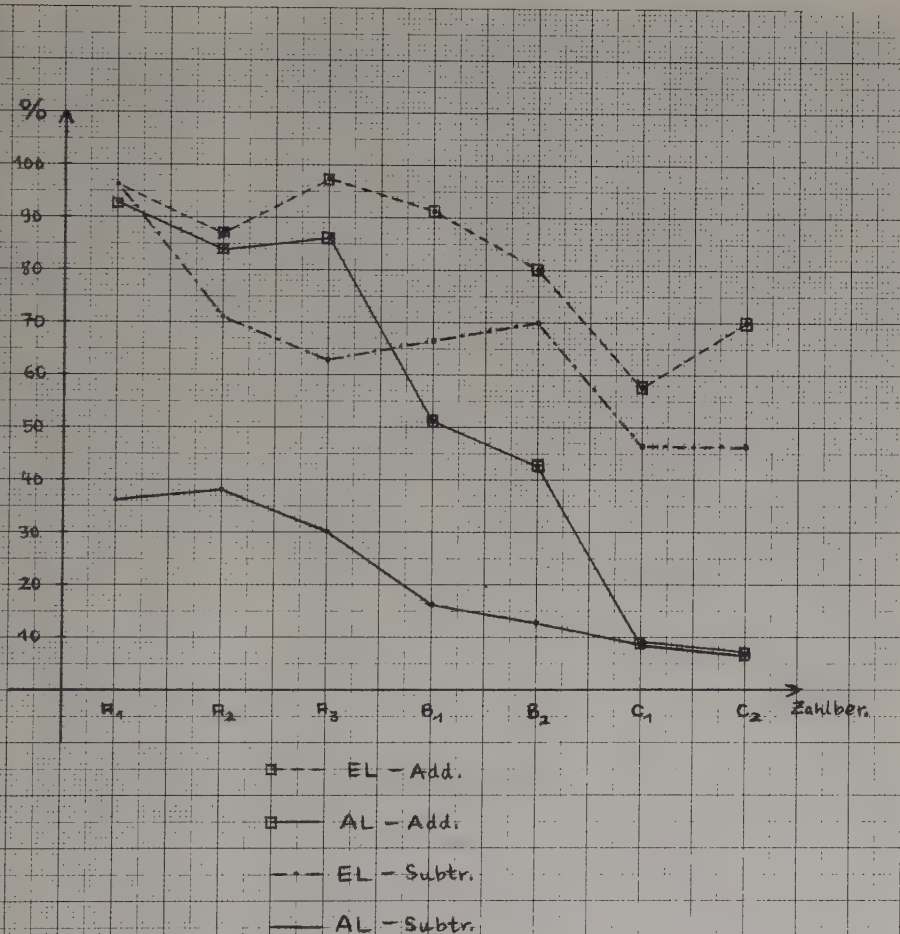
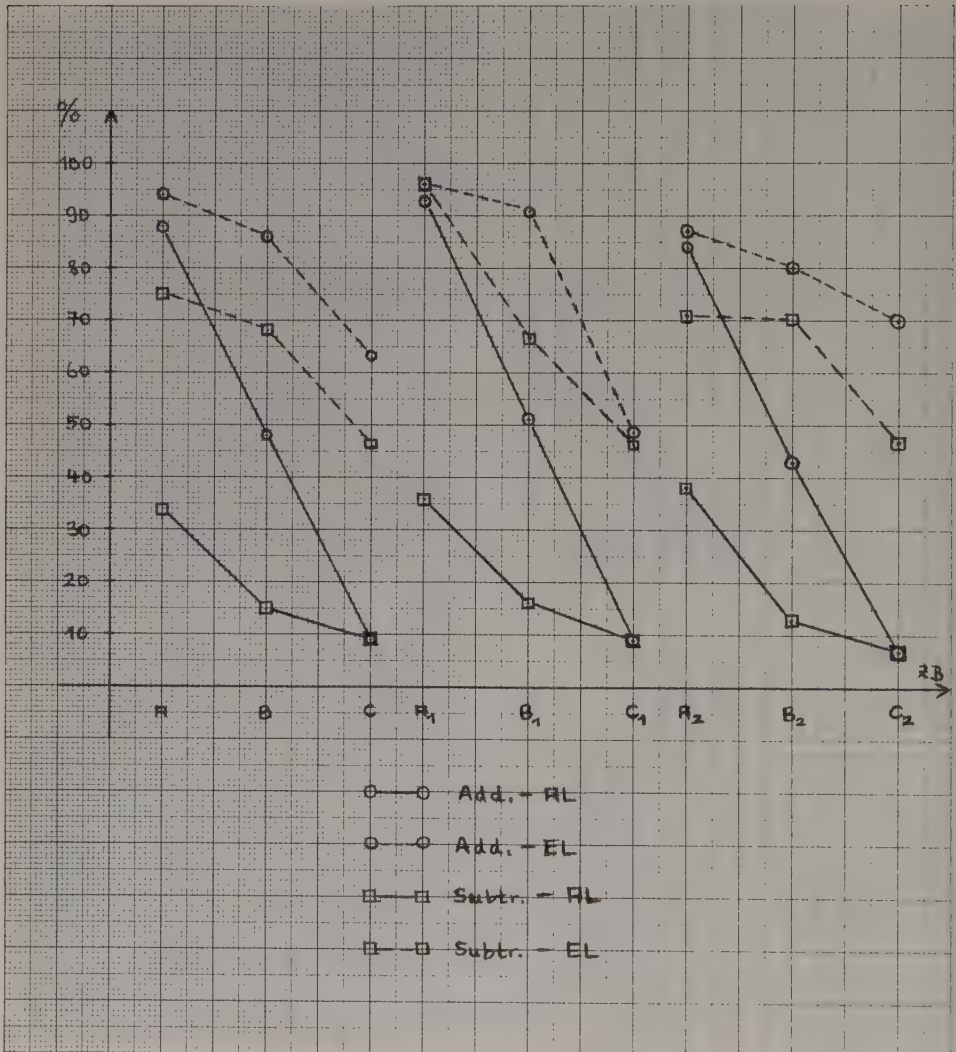


Abbildung 9:

Additions- und Subtraktionsleistung (in %) im Prä- und Posttest: Vergleich der Leistungen bei zahlgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen



Aus der Tabelle 47 und den entsprechenden Abbildungen 8 und 9 läßt sich zunächst ablesen, daß in der Anfangsleistung bei der Addition im Zahlbereich A (0 - 100) die Items zu 88 Prozent gelöst wurden. Diesem Lösungsanteil steht ein solcher von 48 Prozent bei zahlgleichen Operationen im Bereich bis 1000 und von 8 Prozent im Bereich über 1000 gegenüber. Mit dieser Ausgangsleistung haben im Bereich bis 100 die Schüler - vordergründig betrachtet - das Ziel schon erreicht, das durch den strukturorientierten Unterricht erst erreicht werden sollte. Sowohl die Leistungsunterschiede in den Bereichen A, B und C einerseits und die eindeutigen Leistungsunterschiede zwischen der Addition und Subtraktion in den unteren Zahlbereichen andererseits zeigen jedoch, daß die Struktur der Operation nicht erfaßt ist und somit ein Transfer bei strukturgleichen Aufgaben nicht zum Tragen kommen kann. Die Leistung bei der Subtraktion ist in der Anfangsleistung mit einem Lösungsanteil von 34 Prozent im Bereich A und von 15 Prozent im Bereich B wesentlich schwächer als bei der Addition. Die Leistungsdifferenzen zwischen der Addition und Subtraktion weisen sich nach dem Wilcoxon-Test als sehr signifikant aus ($N = 14$, $T = 5,5$).

3. Vergleich der Anfangs- und Endleistung in den verschiedenen Itemgruppen

Während die Anfangsleistung in der Addition vom Bereich A über den Bereich B hin zum Bereich C stark abfällt, die Subtraktionsleistung dagegen insgesamt in allen Bereichen als nicht ausreichend zu bezeichnen ist, läßt sich die Endleistung bei den hier betrachteten Operationen mit einstelligem Summanden/Subtrahenden ohne Zehnerübergang als ausgeglichener bezeichnen. Im Bereich A (1 - 100) werden nun mit einem Lösungsanteil von 94 Prozent bei der Addition und einem solchen von 75 Prozent bei der Subtraktion ausreichende und einander angenäherte Leistungen erzielt; im Bereich B steigt der Anteil richtiger Lösun-

gen bei der Addition von 48 auf 87 Prozent und bei der Subtraktion von 15 auf 68 Prozent an. Selbst im Bereich C, der ebenso wie der Bereich B nicht Gegenstand des strukturorientierten Unterrichts war, stieg bei der Addition der Lösungsanteil von 8 auf 63 und bei der Subtraktion von 8 auf 47 Prozent an.

Es stellen sich nun drei Fragen:

1. Sind die Leistungsunterschiede zwischen den Bereichen A, B und C in der Anfangsleistung und Endleistung als statistisch bedeutsam zu bezeichnen?
2. Ist der Lernzuwachs in den drei Bereichen bei der Addition und Subtraktion bedeutsam?
3. Ist die in der Anfangsleistung festgestellte bedeutsame Differenz zwischen der Addition und Subtraktion auch in der Endleistung feststellbar?

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der statistischen Überprüfung der den jeweiligen Fragen zuzuordnenden Nullhypothesen zusammengestellt.

Tabelle 48:

Vergleich der Leistungen in den verschiedenen Zahlbereichen in der Anfangs- und Endleistung der Addition und Subtraktion (Wilcoxon - Test)

Operat./Vergleich	Anfangsleistung			Endleistung		
	N	T ₁	Bed.	N	T ₁	Bed.
Add.: A:BC	15	0	s s	11	0	s s
	10	2,5	s s	6	3	n s
	15	0	s s	9	0	s s
	9	0	s s	8	3	s
Subtrakt. A:BC	9	6	s s	14	7	s s
	nicht durchführbar			9	0	s s
	8	2,5	s	14	4	s s
	nicht durchführbar			8	4,5	n s

Obwohl die Leistung der Schüler in den Bereichen B und C sowohl bei der Addition als auch bei der Subtraktion teilweise um ein Mehrfaches angestiegen ist und dadurch angenähert werden konnte, sind die in der Anfangsleistung

als bedeutsam ermittelten Leistungsunterschiede in den unterschiedlichen Zahlbereichen auch im Nachtest noch festzustellen. Ausnahmen stellen die Bereiche A_1 und B_1 bei der Addition sowie B_1 und C_1 bei der Subtraktion dar. In diesen Zahlbereichen können die Leistungen als nicht unterschiedlich bezeichnet werden. Ein komplexer Vergleich zwischen A, B und C sowie A_2 , B_2 und C_2 war wegen der unterschiedlichen Itemzahl in jeder Kategorie nicht möglich.

Zur Beantwortung der Frage 2 wurden in folgender Tabelle 49 die Befunde des Wilcoxon-Tests zusammengestellt.

Tabelle 49:

Vergleich der Anfangs- und Endleistung in den Zahlbereichen A, B und C;
Ergebnisse des Wilcoxon - Tests

Operation / Zahlbereich		N	T	Bed.
Add.	A	9	22	n s
	B	12	8,5	s
	C	12	0	s s
-----				-----
Subtr.	A	14	11	s s
	B	13	2,5	s s
	C	8	7	n s

Da die Leistung bei der Addition im Bereich A mit einer Lösungshäufigkeit von 88 Prozent in der Anfangsleistung nur geringfügig auf 94 Prozent (EL) zu steigern war, konnte kein statistisch bedeutsamer Lernzuwachs erwartet werden. In den Bereichen B und C dagegen kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 5$ Prozent beziehungsweise $p < 1$ Prozent von einem Unterschied zwischen der AL und EL in der Addition gesprochen werden. Bei der Subtraktion ist in den Bereichen A und B ein sehr bedeutsamer Unterschied zwischen AL und EL zu verzeichnen. Dagegen ist nach dem Wilcoxon-Test der Leistungsunterschied im Bereich C trotz einer Steigerung der Lösungshäufigkeit von 8 auf 47 Prozent nicht als bedeutsam zu bezeichnen. Dieser Tatbestand ist wohl durch die kleine

Stichprobe und durch die erforderliche Wahl eines parameterfreien Tests begründet.

Es bleibt nun noch zu überprüfen, inwieweit der strukturorientierte Unterricht dazu beitragen konnte, die in der Anfangsleistung bestehenden Unterschiede zwischen den Umkehroperationen Addition und Subtraktion abzubauen.

Tabelle 50:

Vergleich der Leistungen zwischen der Addition und Subtraktion in den Zahlbereichen A, B, C, A₁, B₁, C₁

Zahlbereich	Anfangsleistung			Endleistung		
	N	T	Bed.	N	T	Bed.
A(1 - 100)	13	1,5	s s	11	14	n s
B(100- 1000)	11	4	s s	13	13	s
C(> 1000)	nicht durchführbar			11	15,5	n s
A ₁ (1 - 10)	11	0	s s	nicht durchführbar		
A ₂ (10 - 20)	9	0	s s	11		n s
A ₃ (20 - 100)	13	2,5	s s	9		n s

Außer im Bereich B und eventuell auch im Bereich A₁, wo der Wilcoxon - Test nicht eingesetzt werden konnte, bestehen in der EL keine bedeutsamen Differenzen zwischen der Addition und Subtraktion,- die vor Beginn des strukturorientierten Unterrichts bestehenden Leistungsunterschiede konnten abgebaut werden.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse der Stichprobe "Marburg"

Die Überprüfung der arithmetischen Leistung von Sonderschülern der Klassen 3 bis 9 (vergl. die Untersuchungen 3.1. und 3.2.) hatte ergeben, daß die Kinder nicht in der Lage waren, die Strukturgleichheit von Umkehroperationen und von zahlgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen zu erkennen. Um der bisherigen didaktischen Konsequenz dieses Tatbestandes - nämlich dem Meiden der Vermittlung mathematischer Strukturen - zumindest eine Alternative entgegenstellen zu können, wurde in der vorliegenden Untersuchung überprüft, ob dieses Nicht-

erfassen mathematischer Strukturen alleine das Ergebnis mangelnder Förderung in der Vorschulzeit beziehungsweise das Resultat ungünstigerer Anlagen dieser Schülergruppe ist oder ob die Schule durch eine didaktische Fehlbeurteilung der Befunde von Querschnitt-untersuchungen zu den festgestellten Minderleistungen beigetragen hat.

Als Versuchsgruppe wurde die vierte Klasse der Schule für Lernbehinderte in Marburg ausgewählt. Dieser Klasse gehörten 15 Kinder an. Inhaltlich orientierte sich die Untersuchung an dem Problemkreis "Erweiterung des Zahlbereichs von 1 bis 10 auf 1 bis 100". Den ausgewählten Kindern wurde mit Hilfe eines strukturorientierten Unterrichts die Möglichkeit geboten, den bekannten Zahlbereich 1 bis 10 beziehungsweise 1 bis 20 auf den Bereich 1 bis 100 zu erweitern. Im Gegensatz zu bisherigen synthetischen Verfahren, die den genannten Zahlbereich schrittweise - Zehner um Zehner-erweitern, hatte das geplante Unterrichtsprogramm eine komplexe "Erfassung der Struktur des Positionssystems" zum Gegenstand und damit eine unmittelbare Erweiterung des Zahlbereiches 1 bis 10 beziehungsweise 1 bis 20 auf den Bereich 1 bis 100 zum Ziel.

Folgende wesentliche Ergebnisse konnten ermittelt werden:

1. Die Ausgangsleistung der Schüler zeigt signifikante Differenzen zwischen den Zahlbereichen 1 bis 100 (88 Prozent richtiger Lösungen) 100 bis 1000 (48 Prozent richtiger Lösungen) und über 1000 (8 Prozent richtiger Lösungen) auf.
2. Bedeutsame Differenzen sind auch in den Leistungen zwischen den zahlgleichen Operationen ($2 + 6$, $102 + 6$, $2102 + 6$) in verschiedenen Zahlbereichen festzustellen.
3. Zwischen der Addition und Subtraktion (Umkehroperation) bestehen in den Bereichen 1 bis 100, 100 bis 1000, und über 1000 sowie in den Bereichen 1 bis 10, 10 bis 20 und 20 bis 100 bedeutsame Leistungsunterschiede. So werden zum Beispiel im Bereich 1 bis 10

die "Additionsaufgaben" zu 93 Prozent, die "Subtraktionsaufgaben" nur zu 36 Prozent gelöst.

4. Die Endleistung unterscheidet sich von der Anfangsleistung sehr signifikant.
5. Bei der Endleistung zeigt sich in allen Zahlbereichen ein ausgeglicheneres Leistungsbild als bei der Anfangsleistung. Während in der AL bei der Addition die Lösungsanteile 88 Prozent (1 bis 100), 48 Prozent (100 bis 1000) und 8 Prozent (über 1000) betrugen, bestehen in den drei Bereichen in der Endleistung Lösungsanteile von 94% : 87% : 63%. Bei der Subtraktion betragen die Relationen in der Anfangsleistung 34% : 15% : 8% und in der Endleistung 75% : 68% : 47%. Diese Ergebnisse wurden erzielt, obwohl Bereich B kaum und der Bereich C nicht in die unterrichtliche Erörterung einbezogen wurde. Zwischen den Zahlbereichen bestehen allerdings auch in der Endleistung noch immer teilweise signifikante bis sehr signifikante Differenzen.
6. Zwischen der Subtraktion und Addition bestehen in der Anfangsleistung in allen Bereichen, in der Endleistung nur noch im Zahlbereich B bedeutsame Unterschiede.

4.4.1.2.2. Stichprobe "Großenlinden"

1. Die Gesamtleistung im Vor- und Nachtest

Wie im Kapitel "Planung der Untersuchung" bereits dargestellt, wurden nach gleichem Verfahren und zum gleichen Thema 13 Kinder der Sonderschule in Großenlinden strukturorientiert unterrichtet. Vor und nach dem Unterricht wurden von den 13 Probanden folgende mittlere Lösungshäufigkeiten in dem Prä- und Posttest erzielt:

Tabelle 51:

Absolute und relative Gesamtlösungshäufigkeiten
der Kontrollgruppe "GL"

		mögl. Lös.	Lösungen	%	$\bar{x}$	s
AL	13	936	195	20,8	15	6,8
EL	13	936	495	52,9	38,1	11,2

Wegen des geringen Umfanges der Stichprobe ist eine Prüfung der Normalität der Verteilung nur mit Einschränkungen möglich. Wir wenden daher zur Prüfung der Hypothese nicht bestehender Leistungsunterschiede zwischen der Anfangsleistung und Endleistung wiederum einen parameterfreien Test an. Da bei allen Probanden die Endleistung höher ist als die Anfangsleistung ermitteln wir bei einem $N = 13$ ein $T = 0$. Zwischen der Anfangsleistung und Endleistung bestehen somit sehr bedeutsame Unterschiede.

2. Die Leistungen bei der Addition und Subtraktion

Die Schüler erzielten bei der Addition und Subtraktion in der AL und EL folgende absolute und relative Lösungshäufigkeiten.

Tabelle 52:

Absolute und relative Lösungshäufigkeiten bei der
Addition und Subtraktion

		mögl. Lös.	Lös.abs.	Lös.-%
AL	Add.	468	124	26,5
	Subtr.	468	71	15,2
EL	Add.	468	244	52,1
	Subtr.	468	251	53,1

Während bei der AL die Addition mit 26,5 Prozent gelöster Items deutlich über der Subtraktion (15,2 Prozent Lösungen) liegt, sind die Leistungen in beiden Operationsarten bei der EL fast ausgeglichen (52,1 % : 53,6 %). Ausgehend von der Hypothese nicht bestehender Leistungsunterschiede zwischen beiden Operationen liefert uns der Wilcoxon-Test bei der AL bei einem N von 13 ein $T = 4,5$ und bei der EL bei einem $N = 11$ ein $T = 38,5$. Somit besteht zwischen beiden Operationen in der AL ein signifikanter Unterschied, in der EL ist ein solcher nicht mehr zu verzeichnen.

3. Die Leistungen in verschiedenen Zahlbereichen

Hatten wir bisher die Leistung insgesamt betrachtet, so wollen wir im folgenden die Lösungshäufigkeiten in den Zahlbereichskategorien A, B und C einer kurzen Analyse unterziehen und auf die beiden übrigen Kategorien D und E an anderer Stelle eingehen.

Um einen Vergleich der Leistungen in den Zahlbereichen A, B und C zu ermöglichen, wurden in der Tabelle 53 die absoluten und relativen Lösungshäufigkeiten bei der Addition und Subtraktion in der AL und EL gegenübergestellt. In den Hauptbereichen A, B und C fällt bei der AL in der Addition der Anteil richtiger Lösungen von 63 (ZB 1 - 100) auf 8 (ZB 100 - 1000)und 0 (ZB > 1000) Prozent ab. Dem stehen relative Lösungshäufigkeiten von 39:5 :0 Prozent bei der Subtraktion gegenüber. Wir stellen somit fest,

daß zwischen dem Bereich A und dem Bereich B ein hoher Leistungsunterschied besteht: strukturgleiche Items, die im Zahlbereich bis 100 immerhin zu 63 (Addition) beziehungsweise 39 (Subtraktion) Prozent gelöst wurden, konnten im Bereich B so gut wie nicht bewältigt werden.

Es besteht ein sehr signifikanter Unterschied zwischen der Leistung im Bereich A und der in den Bereichen B und C sowohl bei der Addition als auch bei der Subtraktion (Wilcoxon-Test).

Tabelle 53:

Absolute und relative Lösungshäufigkeiten bei der Addition und Subtraktion in verschiedenen Zahlbereichen

		Z A H L B E R E I C H E									
Operation/ Unters.		A ₁	A ₂	A ₃	A	B ₁	B ₂	B	C ₁	C ₂	C
Addition	mögl.Lös.	39	39	52	130	39	26	65	39	26	65
	Lös. abs.	34	29	19	82	5	0	5	0	0	0
	AL Lös. %	87	74	37	63	13	0	8	0	0	0
	Lös. abs.	37	34	28	99	18	9	27	19	9	28
	EL Lös. %	95	87	54	76	46	35	42	49	35	43
Diff.-% "EL- AL"		+ 8	+13	+17	+13	+33	+35	+34	+49	+35	+43
Subtraktion	Lös. abs.	32	12	7	51	2	0	2	0	0	0
	AL Lös. %	82	31	14	39	5	0	3	0	0	0
	Lös. abs.	38	32	26	96	23	17	40	24	17	41
	EL Lös. %	97	82	50	74	59	65	62	62	65	63
	Diff.-% "EL - AL"	+15	+51	+36	+35	+54	+65	+59	+62	+65	+63

Ebenso wie bei der Gruppe MR wird auch hier in der Endleistung durch eine starke Leistungssteigerung in den Zahlbereichen B und C das Leistungsniveau dem Zahlbereich A angenähert. Nun stehen sich bei der Addition relative Lösungshäufigkeiten von 76 : 42 : 43 Prozent und bei der Subtraktion von 74 : 62 : 63 gegenüber - und dies, obwohl auch in der Kontrollgruppe ebenso wie in der Versuchsgruppe eine Einbeziehung des Bereichs B in den strukturorientierten Unterricht kaum, des Bereichs C nicht erfolgt ist. Das Leistungsverhältnis A : B/C weist sich nun bei der Addition zwar wiederum als sehr signifikant aus ($N = 12$, $T_1 = 3$), bei der Subtraktion ist dieses aber nicht mehr als überzufällig unterschiedlich zu bezeichnen ($N = 10$, $T = 17,5$).

Stellen wir nicht die Hauptzahlbereiche insgesamt gegenüber, sondern jeweils die drei Unterbereiche dieser Hauptbereiche, um die Leistungen bei zahlgleichen "Operationen" vergleichen zu können ($2 + 6$, $102 + 6$, $2102 + 6$), so erhalten wir die in der Tabelle 54 zusammengestellten Ergebnisse:

Tabelle 54:

Vergleich der Leistungen in verschiedenen Zahlbereichen bei zahlgleichen Operationen

Operation / Vergleich	N	T ₁	Bedeutung	
AL	A ₁ : B ₁	13	0	s s
	A ₁ : C ₁	13	0	s s
	B ₁ : C ₁	nicht durchführbar		
Addition				
EL	A ₁ : B ₁	12	0	s s
	A ₁ : C ₁	12	0	s s
	B ₁ : C ₁	nicht durchführbar		
AL	A ₁ : B ₁	13	0	s s
	A ₁ : C ₁	13	0	s s
	B ₁ : C ₁	6	9	- -
Subtraktion				
EL	A ₁ : B ₁	12	0	s s
	A ₁ : C ₁	10	0	s s
	B ₁ : C ₁	nicht durchführbar		

Sowohl bei der Addition als auch bei der Subtraktion bestehen in der Anfangsleistung und in der Endleistung bedeutsame Unterschiede zwischen den zahlgleichen Aufgaben verschiedener Zahlbereiche. Die Vergleiche zwischen den Leistungen in der zweiten und dritten Zahlbereichskategorie ($B_1 : C_1$) waren entweder wegen der niedrigen Probandenzahl nicht möglich oder sie erbrachten keine bedeutsamen Befunde. Trotz einer Annäherung der Leistung in den verschiedenen Zahlbereichen in der Endleistung müssen wir auch nach einem 17 - täglichen strukturorientierten Unterricht noch immer Leistungsunterschiede zwischen den Bereichen A_1 und B_1 feststellen.

4. Die Leistungsunterschiede zwischen der Anfangs- und Endleistung in verschiedenen Zahlbereichen

Es bleibt nun noch die Frage offen, ob der hier zunächst durch den Vergleich der Prozentanteile richtiger Lösungen festgestellte Leistungsunterschied zwischen der AL und EL als zufällig oder überzufällig anzusehen ist.

Tabelle 55:

Vergleich der AL und EL in den Zahlbereichskategorie A, B und C beziehungsweise in den Zahlbereichskategorien A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , C_1 und C_2

Zahlbereich	Addition					Subtraktion				
	AL<EL	AL=EL	AL>EL	T_1	Bed.	AL<EL	AL=EL	AL>EL	T_1	Bed.
A	9	4	0	3	s	12	0	1	13,5	ss
B	10	3	0	2	ss	11	2	0	0	ss
C	10	3	0	0	ss	11	2	0	0	ss
A_1	3	9	1	-	ns	4	9	-	0	ns
A_2	5	6	2	-	ns	11	2	0	0	ss
A_3	3	10	0	-	ns	11	1	1	10,5	s
B_1	8	4	1	2,5	s	12	2	0	0	ss
B_2	7	6	0	0	s	10	3	0	0	ss
C_1	9	4	0	0	ss	11	2	0	0	ss
C_2	7	6	0	0	s	11	2	0	0	ss

Vergleicht man die Leistungen in den Hauptbereichen A, B und C, so sind sowohl bei der Addition als auch bei der Subtraktion die Leistungsdifferenzen zwischen der Voruntersuchung und der Nachuntersuchung als überzufällig zu bezeichnen.

Im Unterbereich A_1 besteht bei der Addition ebenso wenig eine signifikante Differenz wie bei der Subtraktion. In diesem Bereich war eine höhere Ausgangsleistung zu verzeichnen als in den übrigen Bereichen.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse der Stichprobe GL

1. Die Ausgangsleistung der Schüler der Kontrollgruppe entspricht der, die den Forderungen des Lehrplans entspricht.
2. Die Ausgangsleistung weist signifikante Differenzen zwischen den Zahlbereichen A, B und C auf. Die relativen Lösungshäufigkeiten betragen in diesen Bereichen 63 : 8 : 0 (Addition) und 39 : 5 : 0 (Subtraktion) Prozent.

3. Zwischen der Anfangsgesamtleistung bei der Addition und bei der Subtraktion besteht ein signifikanter Unterschied. Der Anteil richtiger Lösungen beträgt hier bei der Addition 26,5 Prozent und bei der Subtraktion 15,2 Prozent. Bei der Endleistung ist mit einem Lösungsverhältnis von 51,2 % : 53,6% ein solcher Unterschied nicht mehr festzustellen.
4. In der Gesamtleistung unterscheidet sich die Endleistung von der Anfangsleistung sehr signifikant.
5. Durch eine starke Zunahme der Lösungshäufigkeiten in den Bereichen B und C sowohl bei der Addition als auch bei der Subtraktion ist die Leistung im Posttest als ausgeglichener zu bezeichnen als die im Prätest. Zwischen dem Zahlbereich A und den Zahlbereichen B und C ist bei der Addition zwar noch immer eine sehr signifikante Differenz zu verzeichnen, bei der Subtraktion ist ein solcher Unterschied jedoch nicht mehr vorhanden.

3. Zusammenfassende Gegenüberstellung der Leistungen der Stichproben MR und GL

In der folgenden Tabelle 56 ist der Prozentanteil richtiger Lösungen beider Stichproben bei den Operationen Addition und Subtraktion mit einstelligem Summanden ohne Zehnerübergang in den Zahlbereichen A, B und C gegenübergestellt.

Tabelle 56:

Anteil der gelösten Aufgaben (in Prozent) der Stichproben Marburg und Großenlinden in den Zahlbereichen A, B und C in der AL und EL

Unters./ Operation		MARBURG			GROSSENLINDEN		
		A	B	C	A	B	C
AL	Add.	88	48	8	63	8	0
	Subtr.	34	15	8	39	5	0
EL	Add.	94	87	63	76	42	43
	Subtr.	75	68	47	74	62	63

1. Die Leistung in verschiedenen Zahlbereichen

- 1a. Anfangsleistung: Die Ausgangsleistung der Gruppe Marburg ist insgesamt höher als die der Gruppe Großenlinden. Bei beiden Gruppen bestehen jedoch erhebliche Leistungsdifferenzen zwischen den Bereichen A, B und C. Diese Differenzen sind in der Gruppe Marburg und in der Gruppe Großenlinden sowohl bei der Addition als auch bei der Subtraktion als zumindest signifikant anzusehen.
- 1b. Endleistung: Trotz einer bei beiden Stichproben festzustellenden Annäherung der Leistungen in den Bereichen B und C an die im Bereich A (in beiden Operationsarten) unterscheiden sich in der Gruppe MR die Leistungen in dem Bereich A von denen im Bereich B und C sowohl bei der Addition als auch bei der Subtraktion noch immer sehr signifikant. Die Gruppe GL hat jedoch bei der Subtraktion keine bedeutsamen Differenzen zwischen den genannten Zahlbereichen mehr aufzuweisen.

2. Leistungsunterschiede zwischen der Addition und Subtraktion

- 2a. Anfangsleistung: Sowohl bei der Gruppe Marburg als auch bei der Gruppe Großenlinden bestehen in den Bereichen, in denen Leistungen überhaupt erbracht wurden, deutliche Unterschiede zugunsten der Addition. Sie sind in den Bereichen A und B bei der Stichprobe MR sowie im Bereich A bei der Gruppe GL überzufällig.
- 2b. Endleistung: In der Gruppe MR wird der Leistungsrückstand in der Subtraktion in den Zahlbereichen A und B verringert. Die Gruppe GL weist im Bereich A bei beiden Operationsarten die gleichen Leistungen auf, in den Bereichen B und C liegen die Subtraktionsleistungen sogar um jeweils 20 Prozent höher als bei den Additionsleistungen.

3. Leistungsunterschiede zwischen der Anfangsleistung und Endleistung.

Je niedriger die Ausgangsleistung, desto größer ist in beiden Gruppen der Lernzuwachs. In der Gruppe GL sind in allen Zahlbereichen und in beiden Operationen weit überzufällige Leistungsdifferenzen zwischen der Anfangsleistung und Endleistung festzustellen. Eine Ausnahme bildet der Bereich A bei der Addition, wo "nur" signifikante Differenzen bestehen. Ein ähnliches Bild stellt sich bei der Gruppe MR dar: hier wurde in vier Kategorien ein mindestens bedeutsamer Leistungszuwachs erreicht. Lediglich im Bereich A bei der Addition, wo bereits im Vortest eine gute Leistung zu verzeichnen war, und im Bereich C bei der Subtraktion sind die Leistungsdifferenzen als noch zufällig anzusehen.

4.4.1.3. Interpretation und didaktische Konsequenzen

Die Untersuchungen der Fähigkeit der Schüler zu einer strukturorientierten Erarbeitung des Positionssystems haben trotz einer unterschiedlichen Ausgangsleistung beider Gruppen zu gleichen Befunden geführt.

Nachdem in den Untersuchungen 3.1. und 3.2. zunächst festgestellt worden war, daß die Leistung der Schüler nicht von der Struktur der Items, sondern von dem Zahlbereich, in dem operiert werden soll und von der Art der Operation abhängig ist, konnten wir auch im Prätest der vorliegenden Untersuchung aufweisen, daß Sonderschüler zur "Lösung" bestimmter Aufgaben auf das "Auswendiglernen", auf die reflexhafte Beherrschung der Items angewiesen sind. Sie sind nach den ihnen in der Schule vermittelten Lernprozessen nicht oder kaum in der Lage, die Operationen $6 + 2 = 8$; $8 - 2 = 6$ als Umkehroperationen zu erkennen. Des weiteren können sie Strukturelemente des Positionssystems als Grundelemente für verschiedene Operationen in verschiedenen Zahlbereichen nicht erkennen: die Items $6 + 2 =$; $106 + 2 =$; $2106 + 2$ stellen jeweils neue Anforderungen an den

Schüler. Dieser hier erneut gewonnene Befund hatte bisher zu der didaktischen Konsequenz geführt, strukturorientiertes, auf Einsichten in mathematische Zusammenhänge abzielendes Lernen in der Sonderschule zu meiden, um Mißerfolgserlebnisse nicht zu verstärken. So wurde mittels einer Reduzierung der Inhalte auf das sogenannte "Lebensnotwendige" eine Beherrschung "einfacher Rechenoperationen im Zahlbereich bis 1000 (BLEIDICK / HECKEL 1968, S. 134) angestrebt, wobei unter der "Beherrschung" einfacher Rechenoperationen das reflexhafte Zuordnen etwa der "Zwölf" zum Stimulus " $8 + 4$ " verstanden wurde, wie sich aus der Betonung der Bedeutung der Übung ablesen läßt. Die von den Bildungsplänen vorgeschlagene Anordnung der Inhalte und die dort unterbreiteten Methoden wenden Entscheidungskriterien an, die eindeutig auf ein Einprägen der "Rechensätze" abgestimmt sind (Ausgehen von der horizontalen Schreibweise, kurze "Sätze" vor längeren: $6 + 2 \dots$, $16 + 2 \dots$, $106 + 2 \dots$). Erst in höheren Klassen läßt sich beispielsweise im Lehrplan des Landes Hessen eine Orientierung an der inhaltlichen Struktur erkennen, wobei den Schülern dann allerdings aufgrund des bisherigen Vorgehens die grundlegenden Erkenntniselemente fehlen. Die vorliegende Untersuchung hat eindeutig gezeigt, daß die hier dargestellten Konsequenzen nicht die einzig möglichen sind. Sonderschüler können die Struktur des Positionssystems erfassen und ohne das bisher betonte mechanisierende Üben auch solche Items aus Zahlbereichen lösen, mit denen und in denen bisher nicht "gerechnet" wurde (vgl. die Leistungen in den Zahlbereichen B und C). Sie waren in der Lage, innerhalb eines dreiwöchigen Unterrichts Items aus Zahlbereichen zu lösen, für die laut Lehrplan ein mindestens vierjähriges langsames Voranschreiten in höhere Zahlbereiche erforderlich ist. Es wurden Items aus Zahlbereichen gelöst, die nicht Gegenstand unterrichtlicher Erörterung waren und infolgedessen nur aufgrund des Erkennens der Grundstruktur des Positionssystems zu lösen sind. Dieses Ergebnis ist umso höher zu bewerten, als die Untersuchung auf einem relativ

unbekannten Lernplateau der Schüler ansetzen mußte und im Strukturvorfeld (Entwicklung des Zahlbegriffs, Operation der Addition und Subtraktion) kein strukturorientierter Unterricht erteilt wurde.

Von besonderer Bedeutung scheint uns weiterhin das Resultat zu sein, daß alleine durch die Umkehrung der konkreten Operation die Schüler in die Lage versetzt wurden, die Leistung der Subtraktion der der Addition anzunähern beziehungsweise sogar gleichzusetzen. Alleine durch dieses Verfahren konnten die bekannten Leistungsdiskrepanzen zwischen beiden Operationen beseitigt werden.

Jedoch nicht nur die didaktischen Fehlentscheidungen, die mit ihnen verbundenen alternierenden Unter- und Überforderungen sowie die daraus resultierenden Lernstörungen zwingen zum Vorschlag einer Revision des Unterrichts und einer konsequenten Strukturorientierung von Beginn an. Einen entscheidenden Impuls liefert die Überzeugung, daß strukturorientiertes Lernen auch sogenannten Sonderschülern möglich ist und von diesen als weniger frustrierend empfunden wird als das ständige Auswendiglernen für sie sinnloser Zahlrelationen. Entscheidend ist aber der Tatbestand, daß durch diese Umorientierung Sonderschülern die Möglichkeit geboten wird, nicht nur reproduktive, sondern auch produktive Leistungen zu erbringen, nicht nur Anpassung zu üben, sondern auch die Fähigkeit zur Analyse des Bestehenden, zur Veränderung des Bestehenden, zur Selbstbestimmung zu entwickeln.

4.4.2. Der Lernerfolg lernbehinderter Sonderschüler im Vergleich zu dem von Haupt- und Realschülern bei der Analyse der Struktur logischer Reihen

- Überprüfung der Hypothese 4.2. -

Vorüberlegungen:

Wie bei den einleitenden Überlegungen zur Hypothese 4 dargestellt wurde, soll im folgenden die Lernleistung von lernbehinderten Sonderschülern bei der Analyse der Struktur logischer Reihen überprüft werden. Während in der Untersuchung 4.1. der Schüler mit einem Inhalt konfrontiert war, dessen Struktur nachvollziehend erfaßt werden sollte, wird in der folgenden Überprüfung für die Lösung der Prüfitems die Fähigkeit zur selbständigen Analyse einer Struktur gefordert. Dies ist nur möglich, wenn der Schüler durch den Nachvollzug von Analysen das Analysieren gelernt, das heißt die Struktur von Strukturen erfaßt hat. Im Sinne von GAGNÉ kann man die bei der Bearbeitung des Positionssystems (Untersuchung 4.1.) geforderte Leistung als Regellernen, die bei der Analyse logischer Reihen als das Bilden der Regel von Regeln ("Regel höherer Ordnung"), als "Problemlösen" bezeichnen (vgl. GAGNÉ 1964, S. 312, SKOWRONEK 1969, S. 74 ff). Die zuletzt genannte Leistung stellt nach GAGNÉ die höchste Lernart dar. Diese Klasse der Lernakte wurde für unsere Untersuchung bewußt ausgewählt, weil hier zum einen Lernerfolge von lernbehinderten Sonderschülern nach bisher bei didaktischen Erörterungen vertretenen Auffassungen kaum zu erwarten sind, und zum anderen die beim Regellernen noch mögliche Larvierung mechanischen Lernens (Pseudoerfassen von Strukturen) nicht möglich ist.

4.4.2.1. Untersuchungsplanung

1. Anlaß der Untersuchung

In der sonderpädagogischen Literatur wird wiederholt eine besondere Minderleistung der Sonderschüler im Bereich des "logischen" und strukturerfassenden Denkens festgestellt (vgl. Hessischer Bildungsplan der Schule für Lernbehinderte 1962, S. 118, BLEIDICK 1965, Sp.616), was zur didaktischen Folgerung des Verzichts auf die Ansprache eben jener genannten Fähigkeiten im Unterricht (vgl. SCHADE 1962, S. 36) und zur Forderung der konsequenten Einhaltung des Unterrichtsprinzips der kleinsten Schritte führt (vgl. BLEIDICK 1965, Sp. 622). Die vorliegende Untersuchung soll Hinweise auf die Leistung und eine potentielle Leistungssteigerung von Sonderschülern im Vergleich zu der von Hauptschülern liefern, zu einer eventuellen Revision des Bildes der Leistungsfähigkeit von Sonderschülern in dieser für eine Emanzipation wichtigen Grundfähigkeit führen und damit zu einer Revision didaktischer Maßnahmen beitragen.

2. Ziel der Untersuchung

Überprüfung der Hypothese 4.2.

Unterhypothesen:

1. Sonderschüler unterscheiden sich in der Ausgangsleistung bei der selbständigen Analyse der Struktur logischer Reihen von den Alterskameraden der Grund- und Hauptschule.
2. Durch eine stetige Steigerung der Anforderungen mittels des Einsatzes eines strukturorientierten Lernprogramms, das von einfachen zu komplexen Strukturen führt, kann die Fähigkeit zum Erkennen komplexerer logischer Strukturen (Problemlösen, Erkennen der Struktur von Strukturen) gesteigert werden.

3. Auswahl der Stichprobe

Aufgrund der besonderen untersuchungstechnischen Schwierigkeiten war es den die Untersuchungen durchführenden Herren SCHLEIN und WEILAND nur möglich, in einem 8. Sonderschuljahr die vorgesehene Anzahl von Probanden (12 Jungen und 12 Mädchen) zu gewinnen. In dieser Altersstufe standen auch die für die Kontrollgruppen erforderlichen Hauptschüler und Realschüler zur Verfügung. Zur endgültigen Auswahl der je 24 Probanden (je 12 der Jahrgänge 58 und 59, davon je 6 Jungen und 6 Mädchen) waren Voruntersuchungen an 32 Sonderschülern, 48 Hauptschülern und 54 Realschülern Rotenburger Schulen notwendig. Um eine Beeinträchtigung der Untersuchungsergebnisse durch gruppenatypische Verhaltensweisen zu vermeiden, wurden für die Hauptuntersuchung aus jeder Gruppe die 24 Schüler ausgewählt, die in der Kurzform des HAWIK dem Median der IQ - Verteilung jeder Gruppe am nächsten kamen. Nach dieser Reduzierung wiesen die Gruppen folgende IQ - Mittelwerte auf:

Sonderschüler: IQ = 85,5; s = 9,36

Hauptschüler : IQ = 99,8; s = 5,21

Realschüler : IQ = 109,2; s = 6,44

Nach SCHMALOHR weisen lernbehinderte Sonderschüler einen IQ - Durchschnitt von 76 auf - ein Befund, der, wie die Ergebnisse von BASLER 1972, BASLER / BASLER 1973 und unsere Ergebnisse zeigen (vgl. S.442f), zumindest für die Schüler höherer Klassen (um solche handelt es sich hier) wohl revidiert werden muß. Dennoch müssen wir es als möglich ansehen, daß die von uns ausgewählte Gruppe positiv von dem Leistungsschnitt der Sonderschüler des 8. Schuljahres abweicht und bezüglich dieser Leistung unter Umständen nicht als repräsentativ angesehen werden kann; bezüglich der schulischen Leistung - die Rechenleistung dieser Gruppe wurde in der Untersuchung 3.1. dargestellt - weicht die Stichprobe jedoch nicht von den Leistungen der übrigen Sonderschüler gleicher Klassen ab.

4. Untersuchungsmethode

1. Auswahl des Prüfverfahrens

Die Prüfung der Fähigkeit zur Analyse bestimmter Gesetzmäßigkeiten stellt zunächst ein recht komplexes Unterfangen dar, da je verschiedene logische Bereiche im horizontalen Nebeneinander etwa verschiedener Wissenschaften als auch im vertikalen Übereinander verschiedener Abstraktionsstufen unterschieden beziehungsweise konstruiert werden können.

Wegen dieser Vielschichtigkeit des Problems entscheiden wir uns dahingehend, daß in der vorliegenden Untersuchung und bei vorgegebenem Anlaß der Entwicklungsstand und die weitere Trainierbarkeit analytischen beziehungsweise "logischen Denkens" insoweit Untersuchungsgegenstand ist, wie es durch den Untertest "Regelerkennen" des BTS geprüft wird (vgl. HORN, S.17). Der Test "Regelerkennen", der eine "systematische Weiterentwicklung des Tests von THURSTONE" (S. 18) darstellt, weist nach HORN eine hohe Ladung bezüglich des Faktors C (logisches Denken) auf (S. 17). "Regelerkennen" und "unpassendes Streichen" können "als Test der logischen Denkfähigkeit angesehen werden" (S. 19). "Eine hohe Leistung läßt auf Talent für Mathematik schließen" (S. 18). Bei einer Gegenüberstellung der mittleren Leistung 10;4-jähriger Sonderschüler und 8;2-jähriger Normalschüler bestehen in diesem Test neben dem "Rechtschreiben" die größten Differenzen. Der mittlere Rohwert liegt bei den Sonderschülern bei 4,8 und bei den Normalschülern bei 11,0 Punkten (S.19).

In diesem Untertest "Regelerkennen" wird vom Probanden in 29 nach empirisch ermittelter Schwierigkeitsrangfolge dargebotenen Items gefordert, die Gesetzmäßigkeit einer Reihe sowohl sich wiederholender (Zahlenreihe, Buchstabenfolge) als auch sich verändernder Merkmale zu erfassen. Obwohl beide Item-Gruppen im Test selbst nicht unterschieden und gesondert dargestellt sind, werden in ihnen verschiedene Leistungen verlangt. In der erstgenannten ist das Erkennen der Gesetzmäßigkeit einer Wiederholung

bestimmter Elemente in einer Reihe von Bedeutung, in der zweiten die Permutation dieser Merkmale, wobei gerade hier für eine Bewältigung der Aufgabe die Kenntnis alogischer Folgen (Ziffernreihe, Buchstabenreihe im Alphabet) vorausgesetzt wird. Um den Einfluß einer unterschiedlichen Kenntnis und Verfügbarkeit dieser Folgen auszuschalten, sind diese auf dem Testblatt zusätzlich abgedruckt.

2. Verlauf der Untersuchung

Der Untertest "Regelerkennen" wurde bei den genannten Stichproben SS, HS und RS zweimal durchgeführt: Vor Beginn und nach Abschluß des noch zu beschreibenden Trainings. Beide Prüfungen erfolgten bei allen Stichproben während der ersten beiden Unterrichtsstunden (für die verschiedenen Stichproben an aufeinanderfolgenden Tagen) als Gruppen - Test. Dabei erhielten die Schüler die im Testmanual vorgesehene Instruktion. Des weiteren wurde den Schülern folgende Zusatzinformation gegeben: "Wir wollen jetzt einen kleinen Test durchführen, dieser Test soll uns helfen zu erkunden, wie man am besten lernt. Wenn wir mehr darüber wissen, kann der künftige Unterricht unserer Meinung nach besser geplant werden. Alle Ergebnisse werden von eurem Lehrer nicht beurteilt - sie werden ohne eure Namen in Listen eingetragen. Wir bitten euch aber dennoch darum, daß ihr euch so viel Mühe gebt, wie dies nur möglich ist, da sonst die Ergebnisse für uns wertlos sind".

Jeder Schüler arbeitete an einem Einzeltisch, wobei benachbarte Schüler an Parallelförmen des Tests arbeiteten. Nach der Bearbeitung einer Parallelförm wurde den Schülern die zweite vorgelegt. Die Ergebnisse aus beiden Tests wurden zu einem Ergebnis zusammengefaßt. Dadurch sollte eine größere Streuung der Ergebnisse erreicht werden.

3. Das Training

Zwischen diesen beiden Untersuchungen sollten die Schüler mit Hilfe eines Programms das Erkennen des Aufbaus logischer Reihen trainieren. Dabei bestand das besondere Problem, Items zu finden, die zwar einerseits von ihrer Konstruktion her den Prüfaufgaben aus dem Untertest "Regelerkennen" entsprachen, nicht aber diesen identisch sein sollten. Des weiteren mußten die Aufgaben so gestaffelt sein, daß sie von dem Erkennen einfacher bis hin zu dem Erkennen komplexer Strukturen führen.

In Anlehnung an die bei der Analyse der Items des Untertests "Regelerkennen" ermittelten beiden Item-Gruppen wurden nach einem vom Verfasser festgelegten Struktur-
aufbau von den Herren D. WEILAND und P. SCHLEIN zwei verschiedene Trainingsprogramme entwickelt. Dabei sollte das erste das Erkennen der Gesetzmäßigkeit der Wiederholung gleichbleibender Merkmale (WM) und das zweite das Erkennen der Permutation der Merkmale (PM) trainieren (vgl. Anhang S.E 16). Im Gegensatz zu den im Regelerkennen verwendeten Items wurden in das erste Programm die Merkmale Form und Farbe (hier als Gegensatz zu Ziffer und Buchstabe verstanden) aufgenommen.

Das Training der ersten Itemgruppe (WM) erfolgte bei allen drei Stichproben an jeweils sieben, das der zweiten Item-Gruppe (PM) an jeweils sechs aufeinanderfolgenden Schultagen. Diese Zeitdifferenz ergibt sich dadurch, daß das Training in dem Augenblick abgebrochen werden sollte, zu dem ein Schüler alle Items gelöst hat. Dadurch sollte das Erreichen eines Deckeneffektes bei einer Gruppe vermieden und Differenzen zwischen den Gruppen entsprechend interpretiert werden können.

Am ersten Trainingstag wurden den Schülern zunächst eine der beiden Reihen (WM/PM) mit der Bitte vorgelegt, während der Programmbearbeitung auf einem angehefteten Kontrollstreifen die Ergebnisse einzutragen. Nach 15 Minuten wurde die zweite Reihe ebenfalls 15 Minuten lang erarbeitet. Benachbarte Schüler erhielten dabei entweder zuerst das

Programm 1 oder das Programm 2. Jeder der Kontrollstreifen wurde nach jedem Training von den Versuchsleitern ausgewertet und das Item in der Itemfolge bestimmt, das für die Mehrzahl der Schüler die größte Schwierigkeit darstellte.

Vom zweiten Tage an wurden jeweils in den ersten 10 Minuten diese so ermittelten Items (täglich 1 Item) gemeinsam an der Tafel an isomorphen Beispielen erarbeitet. Im Anschluß daran konnten die Schüler jeweils im Wechsel zehn Minuten in Stillarbeit mit beiden Trainingsprogrammen arbeiten. Sie trugen ihre Ergebnisse wiederum auf einem angehefteten Kontrollstreifen ein, der dann für eine Analyse der Ergebnisse eines jeden Tages und für die Ermittlung der neuen "Problem-Items" verwendet wurde. Hierdurch wurde erst eine besondere didaktische Planung der 10-minütigen Übungszeit des folgenden Tages möglich.

4.4.2.2. Darstellung der Ergebnisse

4.4.2.2.1. Die Leistungen der Versuchs- und Kontrollgruppen im Vortest

Von den Stichproben SS, HS und RS wurden im Vortest von 58 möglichen Aufgaben folgende mittlere Lösungshäufigkeiten erzielt:

Tabelle 57:

Mittelwerte (absolut und relativ) der Stichproben SS, HS, RS im Ersttest Regelerkennen

Stichproben	$\bar{x}$	$\bar{x} \%$	s
S S	30,00	51,7	6,40
H S	37,67	64,9	3,84
R S	43,50	75,0	3,55

Wie aus der Tabelle 57 abgelesen werden kann, besteht zwischen den Gruppen SS und HS etwa der gleiche Leistungsabstand wie zwischen den Gruppen HS und RS.

Die Überprüfung der Nullhypothese, daß die Leistungs-differenzen zwischen den Stichproben nur als zufällig zu bezeichnen sind, erfolgt, da sich nur die Daten der Gruppe RS normal verteilen, mit Hilfe des Wilcoxon-White-Tests. Wir erhalten für die Vergleiche "SS - HS" und "HS - RS" mit $z = 4,34$ und $z = 4,27$ Werte, die mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 1\%$ zum Verwerfen der H_0 berechtigen.

Da in allen drei Stichproben die Probanden sich nach Geschlecht und Alter, wie oben beschrieben, gleichmäßig zusammensetzen (je 6 Jungen und 6 Mädchen der Jahrgänge 1958 und 1959), können die Stichproben bezüglich dieser Variablen als homogen und bestehende Unterschiede im Test "Regelerkennen" als durch eine unterschiedliche Leistungsfähigkeit der Schüler bedingt angesehen werden.

Überprüfen wir die entsprechende H_0 mit Hilfe des Tests von Kruskal - Wallis (vgl. MITTENECKER S. 164/165), so erhalten die drei Stichproben ein Rangplatzsummenverhältnis, das bei 100 gleichartigen Untersuchungen höchstens einmal erreicht wird. Es bestehen somit sehr bedeut-same Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen. Neben diesen generellen Leistungsunterschieden, wie sie auch durch die Differenz der arithmetischen Mittel deutlich werden, zeigen sich auch erhebliche Differenzen in den Streuungen zwischen der Sonderschulstichprobe und den beiden Kontrollgruppen. Dies deutet auf eine wesentlich homogenere Leistung der Probanden der Stichproben HS und RS hin als sie die Probanden der Stichprobe SS aufzuweisen haben. Der F - Test (MITTENECKER, S. 69/70) zeigt jedoch nur bei den Stichproben SS und RS heterogene Varianzen auf.

Wir haben bisher der Größe wegen die Stichproben insgesamt miteinander verglichen. Im folgenden soll nun überprüft werden, ob es bei der weiteren Darstellung der

Ergebnisse nicht erforderlich ist, wegen eventuell bestehender Unterschiede zwischen den nach dem Geschlecht oder nach dem Alter eingeteilten Teilstichproben zu unterscheiden. Die Teilstichproben erreichten folgende in der Tabelle 58 zusammengestellte Mittelwerte und Streuungen.

Tabelle 58:

Mittelwerte und Streuungen der nach dem Alter und Geschlecht gebildeten Teilstichproben

Untergruppe	N	SS		HS		RS	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Jahrg. 58	12	28,67	7,56	36,92	3,73	43,92	3,85
Jahrg. 59	12	31,33	4,96	38,42	3,96	43,08	3,50
Jungen	12	30,00	7,71	38,17	3,56	44,25	3,53
Mädchen	12	30,00	5,12	37,17	4,20	42,75	3,72

Zur Überprüfung der Bedeutsamkeit der Leistungsunterschiede setzen wir wiederum den Wilcoxon-White-Test ein. Wir erhalten folgende in der Tabelle 59 zusammengestellte - über ein korrigiertes s_T -berechnete z - Werte.

Tabelle 59:

Vergleich der Leistungen der Jahrgänge 58 und 59, sowie der Jungen und Mädchen - Ergebnisse des Wilcoxon-White - Tests

Stichprobe	Vergleich 58 - 59		Vergleich Ju - Mä	
	z	Bed.	z	Bed.
SS	0,881	n.s.	0,411	n.s.
HS	0,859	n.s.	0,770	n.s.
RS	0,888	n.s.	0,888	n.s.

Sowohl beim Vergleich der Leistungen der beiden Jahrgangsklassen als auch beim Vergleich der Leistungen der männlichen und weiblichen Probanden stellen sich keine signifikanten Unterschiede heraus.

4.4.2.2.2. Zusammenfassung der Ergebnisse des Vortests

Zur Ermittlung der Leistung vor Beginn eines Trainings zur Steigerung des problemlösenden Denkens wurden 24 Sonderschul-, Hauptschul- und Realschulkinder des 8. Schuljahres mit Hilfe des Untertests "Regelerkennen" aus dem BTS von HORN (Form A und Form B) geprüft. Die Stichproben erzielten dabei Mittelwerte, denen die Prozentränge 22 (SS), 66 (HS) und 90 (RS) zugeordnet werden können. Die Leistungsunterschiede zwischen den Stichproben sind sehr signifikant (Verifizierung der 1. Unterhypothese). Zwischen den Jahrgängen 58 und 59 sowie zwischen den Jungen und Mädchen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

4.4.2.2.3. Die Leistung der Versuchs- und Kontrollgruppen im Nachtest

Die drei Stichproben zeigten in einer Wiederholung des Tests "Regelerkennen" nach Abschluß des Trainings folgende in der Tabelle 60 aufgezeigten mittleren Leistungen (EL); die Anfangsleistungen (AL) sind zu einem besseren Vergleich mit in die Tabelle aufgenommen:

Tabelle 60:

Mittelwerte der Stichprobe SS, HS und RS im Regelerkennen vor Beginn und nach Abschluß des Trainings

Stich- probe	AL			EL			AL - EL		EL, AL =100%
	$\bar{x}$	$\bar{x}\%$	s	$\bar{x}$	$\bar{x}\%$	s	abs.	%	
SS	30,00	51,7	6,40	33,92	58,5	6,51	3,92	6,8	113,1
HS	37,67	64,9	3,84	44,25	76,3	4,01	6,58	11,4	117,5
RS	43,50	75,0	3,55	48,75	84,1	3,78	5,25	9,1	112,1

Nach dem Training haben die Stichproben die gleiche Leistungsranfolge aufzuweisen wie vor dem Training. Die Differenzen betragen im Abschlußtest zwischen den Gruppen:

SS - HS : - 10,33 (1. Test: - 7,67)

SS - RS : - 14,33 (1. Test: -13,50)

HS - RS : - 4,5 (1. Test: - 5,83)

Punkte. Die Differenzen zwischen den Sonderschülern und den übrigen beiden Stichproben sind somit in der Endleistung sogar etwas größer geworden. Da sich die Werte der drei Stichproben nun aber normal verteilen - der Schnelltest nach SACHS bestätigt bei allen drei Verteilungen die geforderten Bedingungen - setzen wir den t - Test für unabhängige Stichproben zur Überprüfung der Bedeutsamkeit der Differenz zwischen der Endleistung der Stichproben SS, HS und RS ein.

Tabelle 61:

Ergebnisse der Überprüfung der Leistungsdifferenzen der Stichproben SS, HS und RS

Vergleich	Differenz $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	Verteilungs- form S_1 S_2		Test	t	Bed.
SS - HS	-10,33	n	n	t-T.f.inh. Var.	6,50	ss
HS - RS	- 4,50	n	n	t-T.f.h. Var.	4,02	ss

Zwischen den verschiedenen Stichproben sind somit die bedeutsamen Unterschiede auch nach dem Training bestehen geblieben.

Kommentierend kann hinzugefügt werden, daß dieser Tatbestand nicht besonders verwundert, ja sogar erwartet worden ist, da die Haupt- und Realschüler in dieser komplexen Leistung über Jahre hinweg gezielter gefördert worden sind als die Sonderschüler. Wesentlich bedeutsamer ist im Hinblick auf unser Untersuchungsanliegen die Frage, ob bei den Sonderschülern überhaupt ein bedeutsamer Lernzuwachs zu verzeichnen ist, da ja gerade ihnen im Gegensatz zu den beiden anderen Schülergruppen eine Lernfähigkeit im Bereich des logischen Denkens weit-

gehend abgesprochen wird und daher in der Schule ein systematisches Ausweichen auf andere Lernleistungen erfolgte (primäre Vermittlung von Kenntnissen und nicht von Erkenntnissen).

4.4.2.2.4. Vergleich der Leistungen im Vortest und Nachtest

In der Tabelle 60 sind in der dritten Spalte die Differenzen zwischen den Mittelwerten der Anfangs- und Endleistung aufgezeichnet. Demnach haben die Sonderschüler mit 3,92 Punkten den niedrigsten, die Hauptschüler mit 6,58 Punkten den höchsten Leistungszuwachs zu verzeichnen. Im Vergleich zur Gesamtzahl möglicher Lösungen (= 100 %) beträgt der Lernzuwachs für die Sonderschüler 6,8, für die Hauptschüler 11,4 und für die Realschüler 9,1 Prozent.

Günstiger sieht das Ergebnis für die Sonderschüler aus, wenn man die Endleistung in Relation zur Anfangsleistung (= 100 %) setzt. Hier liegen die Sonderschüler mit einem Zuwachs von 13,1 Prozent noch vor den Realschülern (12,1%), die Hauptschüler (17,5%) nehmen auch hier die Spitzenposition ein.

Nun ist es denkbar, daß für alle Gruppen - insbesondere aber für die Sonderschüler - das bessere Ergebnis im Posttest als zufälliges Ereignis eintrat. Wir formulieren daher die Hypothese nicht bestehender Leistungsunterschiede zwischen der Anfangs- und Endleistung bei den drei Stichproben und prüfen diese Hypothese mit Hilfe des Wilcoxon - Tests. Wir ermitteln folgende Ergebnisse:

SS : $z = 3,04$ (sehr signifikant)
HS : $z = 4,06$ (sehr signifikant)
RS : $z = 4,04$ (sehr signifikant).

Bei allen Stichproben ist somit der Lernzuwachs als sehr signifikant zu bezeichnen.

4.4.2.2.5. Zusammenfassung des Vergleichs der Ergebnisse des Vor- und Nachtests

Der bei dem Ersttest festgestellte Leistungsunterschied zwischen den Stichproben bleibt auch nach dem Training des Erkennens der Strukturen logischer Reihen bestehen. Alle Stichproben weisen jedoch einen sehr signifikanten Lernzuwachs auf (Verifizierung der Hypothesen 4., 4.2. und der Unterhypothese 2).

4.4.2.2.6. Vergleich der Leistungen der Stichproben mit den Normwerten

Da je 12 Schüler der Jahrgänge 58 und 59 in jede der drei Stichproben aufgenommen wurden, lag das durchschnittliche Lebensalter zum Zeitpunkt der Überprüfung bei 13;9 Jahren. Kinder der Eichstichprobe erreichten im Untertest "Regelerkennen" in diesem Alter durchschnittlich 17,6 Lösungen, wodurch ein Prozentrang PR = 50 festgelegt ist.

Tabelle 62:

Prozenträge der mittleren Leistungen der Stichproben
SS, HS und RS im Vor- und Nachtest

	Vortest		Nachtest	
St.- pr.	$\bar{x}$	Prozentrang	$\bar{x}$	Prozentrang
SS	15,00	22	16,94	39
HS	18,83	66	22,13	92
RS	21,75	90	24,38	97

Die Versuchsgruppe liegt hinsichtlich der mittleren Gesamtleistung im Prätest mit einem Prozentrang von 22 deutlich unter dem mittleren Prozentrang, aber noch innerhalb des durch $-1s < \bar{x} < +1s$ abgesteckten Bereiches. Die Stichprobe erreicht somit eine bessere Leistung als die von HORN überprüften Sonderschüler, die einen Prozentrang von 2,3 einnahmen.

4.4.2.2.7 Die Leistungsveränderung in den beiden Trainingsprogrammen

1. Reihen sich wiederholender Merkmale (WM)

Tabelle 63:

Anfangs- und Endleistung der Stichproben SS, HS und RS bei der Itemgruppe WM (29 mögliche Lösungen)

Stich- probe	Anfangsleistung			Endleistung			Diff.EL-AL		EL= .100%
	$\bar{x}$	$\bar{x} \%$	s	$\bar{x}$	$\bar{x} \%$	s	abs.	%	
S. S.	9,25	31,9	2,59	14,70	50,1	4,36	5,45	18,2	158,9
H. S.	14,78	51,0	3,55	22,54	77,7	3,55	7,76	26,7	152,5
R. S.	17,00	58,6	2,41	24,63	84,9	2,50	7,63	26,3	144,9

Alle Stichproben weisen einen Lernzuwachs auf. Er beträgt bei den Sonderschülern 5,45 Punkte, bei den Haupt- und Realschülern 7,76 beziehungsweise 7,63 Punkte. Sowohl vor Beginn als auch nach Abschluß des Trainings bestehen zwischen den Sonderschülern einerseits und den Haupt- und Realschülern andererseits deutlichere Unterschiede als zwischen den Kontrollgruppen (HS - RS).

In der folgenden Tabelle 64 sind die Ergebnisse der Überprüfung

- a) der Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen in der Anfangsleistung und Endleistung und
- b) der Bedeutsamkeit des Lernzuwachses der einzelnen Gruppen festgehalten.

Tabelle 64

Ergebnisse der Überprüfung der Leistungsunterschiede zwischen der AL und EL im Programm WM bei den Stichproben SS, HS und RS; Ergebnisse der Überprüfung des Leistungsunterschiedes zwischen den Stichproben SS, HS und RS in der Anfangsleistung und Endleistung

Tabelle 64:

	Vergleich	Test	Wert	Bed.
AL	SS - HS	t-Test f. homog. Var.	$t > 2,685$	s s
	HS - RS	Wilcoxon-White-Test	$z = 2,63$	s s
EL	SS - HS	Wilcoxon-White-Test	$z = 5,05$	s s
	HS - RS	t-Test f. inhomog. Var.	$t = 2,42$	s
AL-EL	SS _{AL} -SS _{EL}	Wilcoxon - Test	$z = 4,29$	s s
	HS _{AL} -HS _{EL}	Wilcoxon - Test	$z = 4,29$	s s
	RS _{AL} -RS _{EL}	Wilcoxon - Test	$z = 4,29$	s s

Sowohl bei der Anfangsleistung als auch bei der Endleistung bestehen bedeutsame Leistungsunterschiede zwischen den Stichproben.

Von besonderer Bedeutung ist jedoch auch hier wieder die Feststellung, daß alle Stichproben - also auch die Sonderschulstichprobe - einen bedeutsamen Lernzuwachs aufzuweisen haben.

2. Regeln der Permutation der Merkmale (PM)

Tabelle 65:

Anfangs- und Endleistung der Stichproben SS, HS und RS in der Itemreihe PM (40 mögliche Lösungen)

Stichprobe	AL			EL			AL - EL		EL AL= 100%
	$\bar{x}$	$\bar{x}\%$	s	$\bar{x}$	$\bar{x}\%$	s	abs.	%	
SS	20,96	52,4	5,52	31,09	77,7	4,69	10,13	25,3	148,3
HS	28,91	72,3	4,10	34,29	85,7	3,45	5,38	13,4	118,6
RS	29,38	73,5	4,19	37,04	92,6	2,24	7,66	7,66	126,1

Es läßt sich zunächst erkennen, daß sich bei der Anfangsleistung die Sonderschüler wiederum von den übrigen beiden Gruppen wesentlich stärker unterscheiden, als dies für die beiden Kontrollgruppen untereinander der Fall ist. Bei der

Endleistung haben sich die Sonderschüler der Hauptschulstichprobe angenähert. Alle Stichproben haben einen Leistungszuwachs aufzuweisen, der der Sonderschüler ist hier jedoch mit 10 Wertpunkten am größten.

Tabelle 66:

Ergebnisse der Überprüfung der Leistungsunterschiede zwischen den Stichproben bei der Anfangs- und Endleistung im Programm PM. - Ergebnisse der Überprüfung der Bedeutsamkeit des Lernzuwachses der Stichproben SS, HS und RS

	Vergleich	Test	Wert	Bed.
AL	SS - HS	Wilcoxon-White - Test	$z = 4,58$	s s
	SS - RS	Wilcoxon -White- Test	$z = 4,68$	s s
	HS - RS	t-Test f. homog. Var.	$t = 0,39$	n s
EL	SS - HS	Wilcoxon-White - Test	$z = 2,33$	s
	SS - RS	_____	_____	_____
	HS - RS	Wilcoxon-White - Test	$z = 2,83$	s s
AL - EL	$SS_{AL} - SS_{EL}$	Wilcoxon - Test	$z = 4,12$	s s
	$HS_{AL} - HS_{EL}$	Wilcoxon - Test	$z = 4,13$	s s
	$RS_{AL} - RS_{EL}$	Wilcoxon - Test	$z = 4,29$	s s

Die bedeutsam unterschiedlichen Leistungen zwischen der Versuchsgruppe und den Kontrollgruppen in der Voruntersuchung bleiben trotz der Annäherung der mittleren Leistung der Sonderschüler an die der Haupt- und Realschüler bestehen. Der Lernzuwachs ist für alle Stichproben als überzufällig zu bezeichnen (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 1\%$).

4.4.2.2.8. Zusammenfassung der Ergebnisse des Trainings

Bei der wiederholten Bearbeitung der komplexer werdenden Itemfolgen WM und FM ist ein weitgehend gleichförmiger Leistungsanstieg der Stichproben SS und RS zu verzeichnen. Lediglich die Gruppe HS nähert sich im Programm FM der Leistung der Gruppe SS an. Sowohl in der Anfangs- als auch in der Endleistung bestehen zwischen der Versuchsgruppe und den Kontrollgruppen bedeutsame und sehr bedeutsame Unterschiede, der Lernzuwachs ist bei beiden Folgen für alle Gruppen sehr signifikant.

4.4.2.3. Zusammenfassung

Je 24 Sonderschüler, Hauptschüler und Realschüler wurden bezüglich ihrer Leistung im Untertest "Regelerkennen" vor Beginn und nach Abschluß eines 7 x 30 Minuten dauernden Trainings mittels strukturähnlicher Items überprüft. Dabei konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

1. Die drei Stichproben unterscheiden sich sowohl im Vortest als auch im Nachtest sehr signifikant voneinander. Die Realschüler weisen dabei jeweils die höchste, die Sonderschüler die niedrigste Leistung auf.
2. Sowohl für die Versuchsgruppe SS als auch für die Kontrollgruppen ist der Lernzuwachs überzufällig (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 1\%$) (Verifizierung der Hypothese 4.4.2.).
3. Zwischen den männlichen und weiblichen Probanden bestehen bei allen Stichproben keine Leistungsunterschiede.
4. Zwischen den Schülern des Jahrgangs 58 und des Jahrgangs 59 bestehen bei allen Stichproben Unterschiede, die im Zufallsbereich anzusiedeln sind.

5. Die Leistung steigt in den beiden Trainingsprogrammen PM und WM von Trainingstag zu Trainingstag weitgehend gleichförmig stetig an. Eine Ausnahme stellt im Programm PM die Gruppe der Hauptschüler dar, die einen minderen Leistungsanstieg als die beiden übrigen Stichproben zu verzeichnen hat. Der Leistungsunterschied zwischen der Anfangsleistung und Endleistung ist in beiden Trainingsprogrammen bei allen drei Stichproben sehr signifikant.

4.4.2.4. Interpretation der Ergebnisse

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, daß die überprüfte Gruppe der lernbehinderten Sonderschüler nach einem Training von 7 x 30 Minuten einen Lernzuwachs bei der Analyse des Aufbaus logischer Reihen zu verzeichnen hatte. Da, wie zu Beginn der Darstellung dieser Untersuchung aufgezeigt werden konnte, die angestrebten Lernprozesse nach GAGNÉ die höchste und schwierigste, an die meisten Voraussetzungen gebundene Lernform darstellen, läßt dieses Ergebnis trotz aller notwendigen Einschränkungen (unter Umständen mangelnde Repräsentativität der Stichprobe bezüglich der Intelligenz, zu kleine Stichprobe, Auswahl von Probanden lediglich des 8. Schuljahres) die Tendenz einer möglichen Förderung der Schüler auch in diesem Bereich erkennen. Bedenkt man zusätzlich, daß auch die hier überprüften Sonderschüler aufgrund der bisherigen Auffassung von deren Leistungsfähigkeit und der daraus abgeleiteten didaktischen Grundthesen nicht ausreichend gefördert worden sind und somit bei den für dieses Lernen erforderlichen Voraussetzungen wiederum ein besonderes Minus aufzuweisen haben, kann bei einer kontinuierlichen Förderung vor allem in den weniger komplexen Lernbereichen die Voraussetzung für ein noch erfolgreicherer Procedere bei der Entwicklung der Fähigkeit des Analysierens und Synthetisierens (im Sinne RUBINSTEINS), des Strukturierens von Strukturen erwartet werden.

4.4.3. Der Einfluß des Trainings auf die Bestimmung relativer Größen

- Überprüfung der Hypothese 4.3. -

Neben dem Erkennen logischer Strukturen wurde eine zweite Leistung einer näheren Untersuchung unterzogen. Sie ist im Mathematikunterricht - vor allem aber bei der Bewältigung von Lebenssituationen - von besonderer Bedeutung und stellt eine Seite des Operierens mit Zahlbegriffen dar: die relative Bestimmung von Größen. Zur näheren Verdeutlichung hierzu ein kleiner Exkurs:

Wie bereits oben festgestellt, ist der Begriff der Kardinalzahl ein Klassenbegriff (1. Aspekt), der die Entscheidung "eine Menge gehört bezüglich ihrer Zahleigenschaft zu / nicht zu einer Klasse gleichmächtiger Mengen"

beziehungsweise "eine Menge ist gleich groß, ist größer, ist kleiner" beinhaltet. Mit der Einstufung einer Menge in eine Klasse gleichmächtiger Mengen ist nämlich auch die Entscheidung verbunden, daß diese zu klassifizierende Menge mächtiger oder weniger mächtig als eine andere ist. Weiterhin muß diese Erkenntnis dann auf einer höheren Abstraktionsebene in gleichem Maße evident sein:

Das Symbol "8" repräsentiert eine höhere Mächtigkeit als das Symbol "4". Darüber hinaus ist damit auch die Einsicht verbunden, daß zwischen diesen Zahlen Relationen folgender Art erstellt werden können: $4 + 4 = 8$, $2 \times 4 = 8$, $8 - 4 = 4$, $8 : 2 = 4$ usw. ("Klasseninklusion" nach PIAGET). Hier wird der Aspekt des Zahlbegriffs als Beziehungsbegriff (in der Gegenwart von FRICKE und BESUDEN in Anlehnung an die Erkenntnisse PIAGETS vertreten) herausgestellt. Arithmetische Operationen betonen notwendig diesen Aspekt des Zahlbegriffs.

Diese hier aufgezeigten Aspekte bedürfen einer Erweiterung, wenn eindimensional veränderbare Kontinua (Längen, Gewichte, Zeit) in Relation zu Bezugsgrößen quantifiziert werden sollen - ein Aspekt, der in bisherigen didakti-

schen Konzepten oft nicht ausreichend beachtet wird ¹⁾. Bei Größen verschiedenster Kategorie ist die Einheit nicht durch ein einzelnes - wohl unterschiedenes - Element vorgegeben, sie muß durch das Festlegen einer Maßeinheit per Konvention gewonnen werden. Ein Kontinuum wird dadurch quantifizierbar, daß diese Einheit auf das Kontinuum abgetragen, beziehungsweise dieses Kontinuum zu dieser Einheit in Relation gesetzt wird. Dies ist eine Leistung, die gefördert werden muß, sollen die Schüler Zugang zu Größen erhalten. Ebenso wie die Bestimmung der Zahleigenschaft - besser: die Klassifikation - diskreter Mengen, wo die Dichte der Elemente zur äußeren Ausdehnung der Menge in Bezug gesetzt werden muß, verlangt die Quantifizierung eines Kontinuums die logische Multiplikation zum Beispiel der Größe der Einheit und der Größe des zu bestimmenden Kontinuums. Sie kommt etwa durch die Redewendung zum Ausdruck: "Ich kann die Einheitsstrecke a x -mal auf der Strecke b abtragen". Bei diesen Multiplikationen muß jedoch nicht notwendig die Einheit der Ausgangspunkt des Quantifizierungsvorgangs sein. Es ist auch denkbar, von einer Menge bekannter Quantität ausgehend eine weitere Menge quantifizieren zu wollen: "Eine Strecke a ist 100 cm lang - wie groß ist eine zweite Strecke im Vergleich dazu". Dieses Bestimmen relativer Größen kann jedoch nicht allein als ein bestimmter Aspekt des Operierens mit Zahlbegriffen angesehen werden. In diesen komplexen Vorgang gehen Leistungen ein, die es erlauben, das Verhältnis beider Strecken über das Bilden von Teilgrößen sowohl der Bezugsgröße als auch der Bestimmungsgröße zu ermitteln: es wird schlußfolgern-des Denken gefordert.

1) In ihnen wird häufig der an diskreten Mengen erarbeitete Begriff der Kardinalzahl ohne weitere Lernprozesse auf Kontinua übertragen.

Beispiel: Wir wissen, eine Strecke a ist 100 cm lang. Die Länge einer zweiten Strecke b (60 cm lang) ist nicht bekannt. Wir bilden daher zunächst Unter- (oder auch Über-) Einheiten etwa der Form: die Hälfte des Bezugsstabes ist kleiner als der zu bestimmende Stab. Der Rest ist knapp halb so groß wie die Hälfte des bereits halbierten Bezugsstabes.

Wir übertragen diesen Vorgang auf die Maßzahl 100 und führen folgende Schritte aus:

1. $100 \text{ cm} : 2 = 50 \text{ cm}$
2. $50 \text{ cm} < b \rightarrow 1. \text{ Teilgröße: } 50 \text{ cm}$
3. $(50 \text{ cm} : 2) > (b - 50)$
4. $(25 \text{ cm} : 2) \approx (b - 50) \rightarrow 2. \text{ Teilgröße: } \approx 10 \text{ cm}$

5. 1. u. 2. Teilgröße: $50 + (b - 50) \approx 60 \text{ cm}$

Diese äußerst komplexen, mehr oder minder bewußten Vorgänge sind notwendig, wenn Zahlen zur Bewältigung von Lebenssituationen eingesetzt und keine inhaltsleeren Symbole darstellen sollen. Es darf vermutet werden, daß die hier verlangte Leistung wesentlich höhere Anforderungen an den Lernenden stellt, als dies etwa durch den Dreisatz oder die Verhältnisrechnung in der jetzt üblicherweise in der Sonderschule behandelten Form (wenn überhaupt) geschieht. Hier zeigt sich wiederum, daß unseren Lehrplänen eine genaue Strukturanalyse fehlt und sie dadurch bei entscheidenden Phasen des Lernprozesses dem Schüler keine optimale Hilfe zukommen lassen.

In der folgenden Untersuchung soll überprüft werden, ob Sonderschüler die hier beschriebene Quantifizierung kontinuierlicher Mengen vollziehen können.

4.4.3.1. Untersuchungsplanung

1. Anlaß der Untersuchung

Wie alle Untersuchungen dieser Arbeit resultiert auch die vorliegende Überprüfung aus einer wiederholt festgestellten Diskrepanz zwischen didaktischer Theorie und persönlicher unterrichtspraktischer Erfahrung. Sie soll dazu beitragen, die didaktischen Entscheidungen empirisch zu überprüfen, ~~die~~ durch ein festgelegtes und teilweise unkritisch übernommenes Bild von der Leistungsfähigkeit des Schülers begründet sind.

2. Ziel der Untersuchung:

Überprüfung der Hypothesen^{4.}, 4.3. und folgender zugeordneter Unterhypothesen:

1. Sonderschüler unterscheiden sich in der Ausgangsleistung "relative Größenbestimmung" von Grundschülern.
2. Alleine durch das Wiederholen gleichartiger Aufgaben sind Sonderschüler in der Lage, ihre Leistung bei der Bestimmung von Größen zu erhöhen.

3. Auswahl der Stichproben

Da die Mehrzahl der Schüler erst nach dem zweiten Schulbesuchsjahr in die Sonderschule überwiesen werden und somit für viele von ihnen im dritten Schuljahr ein neuer Rechenkurs beginnt, wurden Kinder des dritten und vierten Schuljahres zur Untersuchung herangezogen. Aus diesen Gruppen sollten wiederum nur die Kinder ausgewählt werden, die bereits im Zahlbereich bis 100 gerechnet haben - in der Regel also Kinder, die im ersten und zweiten Schuljahr die Volksschule besucht hatten.

Im Hinblick auf die zu erwartende Notwendigkeit der Einbeziehung von Kindern aus verschiedenen Schulen und auf das einzuplanende Training schienen zunächst einmal 30 Probanden je Stichprobe ausreichend. Wegen des besonderen Engagements der Herren H.J. SPIESS, W. LUCKHAUPT und W. ZSCHAU, die diese Untersuchung durchführten -

sie berichten in ihrer Examensarbeit darüber - liegen nun jedoch folgende Stichprobengrößen vor:

Sonderschulklasse	3	(S ₃)	: N = 45
Sonderschulklasse	4	(S ₄)	: N = 45
Grundschulklasse	3	(G ₃)	: N = 60
Grundschulklasse	4	(G ₄)	: N = 60

Da damit gerechnet werden mußte, daß bei der relativ langen Untersuchungsdauer (Vortest, Training, Nachtest) einige Kinder ausscheiden würden, wurden für den Vortest zunächst je 2 x 75 Grundschüler und 2 x 60 Sonderschüler ausgewählt. Diese Schüler besuchen etwa zu gleichen Teilen Grund- und Sonderschulen der Stadt Darmstadt und des Bezirks "nördlicher Odenwald".

4. Untersuchungsmethode

1. Untersuchungsaufbau

1. Erste Querschnittuntersuchung: Bestimmung der relativen Größe von Längen.
2. Training der Bestimmung der relativen Größe von Längen.
3. Zweite Querschnittuntersuchung: Bestimmung der relativen Größe von Längen (gleiche Items wie in der Untersuchung 1).

2. Untersuchungsverfahren

1. Erste und zweite Querschnittuntersuchung
(Vortest/Abschlußtest)

Als Untersuchungsmaterial dienen 10 Stäbe mit einer Grundfläche von 1 cm² und einer Länge von 10 cm, 21 cm, 29 cm, 40 cm, 53 cm, 67 cm, 79 cm, 86 cm 100 cm, 140 cm. Diese Stäbe, die sowohl in waagerechter als auch in senkrechter Lage geschätzt werden sollten, wurden in folgender Reihenfolge dargeboten:

- a) senkrecht: 79, 67, 40, 100, 86, 29, 140, 10, 53
und 21 cm
- b) waagerecht: 21, 67, 53, 29, 10, 86, 100, 79, 40
und 140 cm

Jeder Stab wurde jeweils in gleicher Entfernung (2 m) vom Probanden waagerecht auf den Tisch gelegt oder senkrecht an eine neutrale, weiß gestrichene Wand gelehnt. Die VP durfte ihren Standort verändern, jedoch nicht den Stab anfassen oder sich mit den Händen beziehungsweise Armen Vergleichsmaßstäbe schaffen.

Als Vergleichsmaßstab dienten drei Stäbe mit einer Länge von 1, 10, 100 cm. Diese Stäbe wurden so im Raum angeordnet, daß die zu schätzenden Stäbe nicht gleichzeitig mit diesen sichtbar waren. Diese Maßnahme steht anscheinend in Widerspruch zu den in den obigen Vorüberlegungen gemachten Ausführungen, sie wurde jedoch getroffen, um den Vergleich aus der vorstellenden Anschauung zu ermöglichen.

Den Schülern wurde folgende Anweisung gegeben:

"Schau, hier habe ich 10 Stäbe. Du sollst mir bei jedem Stab, den ich nachher vor Dich hinlege, sagen, wie lang er Deiner Meinung nach ist. Damit Dir das Schätzen leichter fällt, habe ich Dir dort drüben (wir führen den Schüler zu den Vergleichsstäben) drei Stäbe hingelegt, von denen ich Dir verrate, wie lang diese sind ... Wenn Dir das Schätzen schwer fällt, darfst Du immer wieder nach den drei Stäben schauen, deren Längen Du jetzt kennst. Du darfst sie mit dem Stab, den Du schätzen sollst, vergleichen".

Diese "Bezugsstäbe" wurden während der Größenbestimmung "waagerecht" waagerecht übereinander auf einem Papierbogen befestigt und während des Schätzens "senkrecht" auch senkrecht dargeboten.

2. Training des Bestimmens relativer Längen

Für das 10-tägige Gruppentraining mit einer Trainingszeit von täglich jeweils 10 Minuten wurde ein Metallmaßband auf der Vorderseite weiß überzogen. Auf der Rückseite blieben die Maßeinheiten für den Versuchsleiter weiterhin erkennbar. Mit diesem Maßband zeigte der Versuchsleiter täglich 20 (10 waagerecht, 10 senkrecht) vorher festgelegte Längen jeweils 10 Sekunden.

Diese Längen hatten eine Ausdehnung zwischen einem und 150 cm (s. Protokollbogen). Um diese Längen für alle Schüler einer Klasse gut sichtbar zu machen, wurden sie vom VL jeweils vor der Tafel gezeigt. Die Schüler wurden gebeten, die von ihnen geschätzte Länge in einen täglich neu ausgegebenen Protokollbogen einzutragen. Nach dem Eintragen einer jeden Schätzgröße wurde den Schülern die tatsächliche Länge mitgeteilt.

Alle Untersuchungen sollten nach Möglichkeit in der 1. und 2. Schulstunde durchgeführt werden. Diese Bedingung konnte bis auf wenige Ausnahmen eingehalten werden. Vor- und Nachtest wurden einen Tag vor Beginn beziehungsweise einen Tag nach Beendigung des Trainings durchgeführt.

4.4.3.2. Darstellung der Ergebnisse

Vorbemerkung:

Leistungsdifferenzen zwischen den Probanden und den Stichproben können bei der vorliegenden Untersuchung nur durch den Vergleich der Abweichungswerte vom Realwert festgestellt werden. Die Gesamtleistung eines Probanden oder einer Stichprobe ist somit durch die mittlere Abweichung der "Schätzgröße" vom Realwert der 10 Items bestimmt. Dieses Vorgehen ist möglich, da für alle Probanden und alle Stichproben gleiche Bedingungen vorliegen. Bei allen in der weiteren Darstellung angegebenen Mittelwerten handelt es sich daher um Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der Schätzungen vom Realwert (=100%). Da in den Voruntersuchungen bei bestimmten Gruppen von Sonderschülern Abweichungswerte von mehr als 200 Prozent auftraten, wurden zur Vermeidung der Verfälschung des Gesamtergebnisses der Gruppe die maximalen Abweichungen auf 201 Prozent festgelegt. Eine Streichung dieser Probanden hätte das Ergebnis insofern negativ beeinflusst, als dadurch die Gesamtleistung der Gruppe angehoben worden und ein atypisches Leistungsbild der Gruppe entstanden wäre.

1. Die Leistungen im Vortest

Addiert man die prozentualen Abweichungen von den 10 Realwerten für alle Probanden einer Stichprobe, so erhält man folgende mittlere Prozentabweichungen:

Tabelle 67:

Mittlere Abweichung (in %) der 4 Stichproben vom Realwert bei senkrechter und waagerechter Darbietung der Stäbe

Darbietungsf.	S_3	S_4	G_3	G_4
senkrecht	67,17	57,12	31,22	25,33
waagerecht	67,46	44,24	30,31	21,39
Differenz senkr.-waager.	-0,29	+8,88	+0,91	+3,94

Sowohl bei der Schätzung ¹⁾ waagerechter als auch bei der senkrechter Stäbe läuft die Leistungsrangfolge von S_3 über S_4 und G_3 nach G_4 . Die Leistungsdifferenzen sind innerhalb dieser Reihenfolge zwischen S_3 und S_4 sowie zwischen S_4 und G_3 wesentlich höher als zwischen G_3 und G_4 . Zwischen den Leistungen "waagerecht" und "senkrecht" bestehen nur bei den Stichproben S_4 und G_4 größere Differenzen. Wir formulieren die Hypothese nur zufällig bestehender numerischer Unterschiede zwischen den und innerhalb der Stichproben und überprüfen diese mit Hilfe der in der Tabelle 68 genannten Tests.

¹⁾ Wir verwenden hier den Begriff der Schätzung für das oben beschriebene Verfahren der relativen Größenbestimmung bzw. für Verfahren, die diesem nahekommen.

Tabelle 68:

Ergebnisse der Überprüfung der Leistungsunterschiede zwischen den und innerhalb der Gruppen im Vortest senkrecht und waagrecht

Vergleich	Test	Wert	Bed.
S ₃ senkr.-S ₄ senkr.	Wilcoxon-White -Test	z = 1,85	n s
G ₃ senkr.-G ₄ senkr.	Wilcoxon-White-Test	z = 1,83	n s
S ₃ senkr.-G ₄ senkr.	Wilcoxon-White-Test	z = 5,01	s s
S ₄ senkr.-G ₃ senkr.	Wilcoxon-White-Test	z = 4,98	s s
S ₃ waagr.-S ₄ waagr.	Wilcoxon-White-Test	z = 2,47	s
G ₃ waagr.-G ₄ waagr.	Wilcoxon-White-Test	z = 2,36	s
S ₃ waagr.-G ₄ waagr.	Wilcoxon-White-Test	z = 5,00	s s
S ₄ waagr.-G ₃ waagr.	Wilcoxon-White-Test	z = 5,00	s s
S ₃ senkr.-S ₃ waagr.	t-Test f. abh. St.	p = 45,1	n s
S ₄ senkr.-S ₃ waagr.	Wilcoxon - Test	z = 2,4	s
G ₃ senkr.-G ₃ waagr.	t-Test f. abh. St.	p = 57,6	n s
G ₄ senkr.-G ₄ waagr.	t-Test f. abh. St.	p = 0,2	s s

Vergleicht man die Gruppen untereinander, so lassen sich im Vortest senkrecht zwischen den Stichproben gleicher Schulform keine bedeutsamen Unterschiede feststellen, zwischen S₃ und G₄ sowie zwischen S₄ und G₄ sind die Differenzen jedoch als sehr signifikant zu bezeichnen. Letztere Aussage trifft auch für den Vortest waagrecht zu. Hier bestehen allerdings auch zwischen dem 3. und 4. Schuljahr innerhalb der gleichen Schulform bedeutsame Differenzen (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 5\%$).

Überprüft man die Bedeutung der Lage der Stäbe für die "Schätzleistung", so werden außer von der Stichprobe S₃ die besseren Leistungen bei den waagerechten Stäben erzielt. Die bestehenden Differenzen sind jedoch nur für die Stichproben S₃ und G₃ als überzufällig zu bezeichnen.

Im Hinblick auf unsere Ausgangshypothese stellen wir somit fest, daß der vermutete Leistungsunterschied zwischen Sonderschülern und Grundschülern besteht.

Im folgenden soll nun geprüft werden, ob diese Leistungsunterschiede nach Abschluß des Schätztrainings bestehen bleiben oder ob diese sich zugunsten oder zuungunsten der Sonderschüler verändert haben.

2. Die Leistungen der Stichproben S_3 , S_4 , G_3 und G_4 im Nachtest

Nach dem Abschluß des Trainings erzielten die 4 Stichproben folgende mittlere Prozentabweichungen:

Tabelle 69:

Mittlere Abweichung (in %) der Stichproben S_3 , S_4 , G_3 , G_4 vom Realwert im Nachtest "Längenschätzung"

	S_3	S_4	G_3	G_4
senkrecht	24,96	18,48	12,34	13,43
waagerecht	23,33	15,27	11,65	13,05
Differenz senkr.-waagr.	+1,63	+3,21	+0,69	+0,38

Die Leistungsrangfolge der vier Stichproben hat sich nun insofern geändert, als G_3 und G_4 bei beiden Item-Gruppen (waagerecht und senkrecht) die Plätze getauscht haben, die beiden Stichproben der Sonderschüler bleiben jedoch auf ihren im Vortest bereits eingenommenen Plätzen 3 und 4. Die Itemkategorie "waagerecht" hat wiederum bei allen Stichproben ein leichtes Plus auszuweisen. In der Tabelle 70 sind die Ergebnisse der Überprüfung der Bedeutsamkeit dieser Differenzen dargestellt.

Tabelle 70:

Ergebnisse der Überprüfung der Leistungsunterschiede zwischen dem als auch innerhalb der Stichproben im Nachtest senkrecht und waagerecht

Vergleich	Test	Wert	Bed.
S_3 senkr.- S_4 senkr.	Wilcoxon-White-Test	16,7	n s
G_3 senkr.- G_4 senkr.	Wilcoxon-White-Test	48,6	n s
S_3 senkr.- G_3 senkr.	Wilcoxon-White-Test	0,0	s s
S_4 senkr.- G_4 senkr.	Wilcoxon-White-Test	6,1	n s
S_3 waagr.- S_4 waagr.	Wilcoxon-White-Test	4,7	s
G_3 waagr.- G_4 waagr.	t-Test f.unabh.Stichpr.	21,1	ns
S_3 waagr.- G_3 waagr.	Wilcoxon-White-Test	0,0	s s
S_4 waagr.- G_4 waagr.	t-Test f. unabh.St.	38,4	n s
S_3 senkr.- S_3 waagr.	Wilcoxon-Test	8,9	n s
S_4 senkr.- S_4 waagr.	Wilcoxon-Test	0,2	s s
G_3 senkr.- G_3 waagr.	t-Test f. abh.Stichpr.	28,1	n s
G_4 senkr.- G_4 waagr.	Wilcoxon-Test	82,5	n s

Die bereits aus der Tabelle ablesbare Verringerung der Differenz zwischen den Sonderschülern und Grundschulern gegenüber dem Vortest wird hier bestätigt:

Zwischen S_4 und G_4 besteht sowohl bei der Item-Gruppe waagerecht als auch bei der Item-Gruppe senkrecht kein bedeutsamer Unterschied mehr. Die Differenz zwischen S_3 und G_3 dagegen ist auch im Nachtest bei beiden Item-Gruppen höchst signifikant. Die Leistungen zwischen den Stichproben einer Schulform erweisen sich mit Ausnahme des Vergleichs " S_3 waagerecht - S_4 waagerecht" - hier waren auch im Vortest signifikante Differenzen aufzuweisen - als zufällig unterschiedlich.

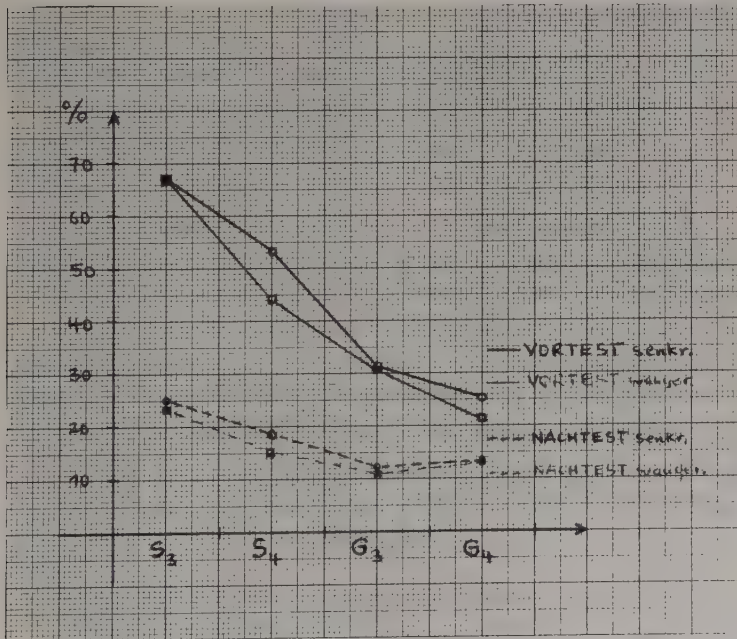
Die auch im Nachtest bei allen Stichproben bestehenden geringen Minderleistungen bei senkrecht gegenüber waagerecht stellen sich nur bei der Stichprobe S_4 als sehr bedeutsam heraus.

3. Vergleich der Leistungen im Vortest und Nachttest

In den obigen Tabellen 67 und 69 sind die mittleren Prozentabweichungen der vier Stichproben von den Realwerten im Vortest und Nachttest zusammengestellt. Zur besseren Veranschaulichung der Leistungsdifferenzen zwischen Vor- und Nachttest sind in der folgenden Abbildung 10 die mittleren Abweichungen von den Realwerten bei beiden Untersuchungen gegenübergestellt.

Abbildung 10

Mittlere Abweichung der vier Stichproben
vom Realwert (in %) im Vortest und Nachttest



Aus der Abbildung läßt sich leicht das sehr steile Abfallen der mittleren Abweichungen im Vortest von S_3 nach G_4 erkennen. Im Nachtest ist nur noch ein verhältnismäßig geringer Leistungsunterschied festzustellen. Der Abstand zwischen dem Vortest und Nachtest ist bei S_3 am größten und verringert sich über S_4 und G_3 hin zu G_4 . Das bedeutet, daß der Leistungszuwachs absolut gesehen bei S_3 am größten und G_4 am geringsten ist. Diese Aussage berücksichtigt allerdings nicht, daß bei einer geringeren Abweichung einer Stichprobe vom Realwert der absolute Lernzuwachs nicht den Wert erreichen kann, den eine zweite Stichprobe mit schlechterer Ausgangsleistung zu erreichen vermag.

Ein besseres Maß für den Leistungszuwachs erhält man, wenn man die Leistungsverbesserung zur Ausgangsleistung (= 100 Prozent) in Bezug setzt.¹⁾ Für die Stichproben S_3 , S_4 , G_3 und G_4 ermittelt man dabei der Reihe nach folgende prozentuale Leistungsverbesserungen:

	S_3	S_4	G_3	G_4
senkrecht :	62,8	65,2	60,5	47,0
waagerecht:	65,4	65,5	61,6	39,0

S_3 , S_4 und G_3 verbessern somit bei beiden Item-Gruppen ihre Leistungen um mehr als 60 Prozent. Die Leistungsverbesserung der Stichprobe G_4 , die im Vortest die besten Ergebnisse erzielt hatte, beträgt dagegen "nur" ca. 47 beziehungsweise 39 Prozent. Auffallend ist hierbei die beinahe völlige Entsprechung der Leistungsverbesserung in den Kategorien "waagerecht" und "senkrecht".

Überprüft man die Leistungsdifferenzen zwischen dem Vortest und Nachtest auf ihre Bedeutsamkeit, so erhält man die in der Tabelle 71 festgehaltenen Ergebnisse:

1) Die Berechnung von Prozentwerten aus Prozentwerten ist hier möglich, da sie die Relationen nicht verändern.

Tabelle 71:

Ergebnisse der Überprüfung der Leistungs­differenzen zwischen Vortest und Nachtest in den Itemkategorien waagerecht und senkrecht bei den Stichproben

S_3 , S_4 , G_3 und G_4

Stich- probe	waagerecht			senkrecht		
	Test		Bed.	Test	R	Bed.
S_3	Wilcoxon-T	0,0	s s s	Wilcoxon-T	0,0	s s s
S_4	Wilcoxon-T	0,0	s s s	Wilcoxon-T	0,0	s s s
G_3	t - Test	0,0	s s s	t - Test	0,0	s s s
G_4	Wilcoxon-T	0,0	s s s	t - Test	0,0	s s s

Die Leistungsunterschiede zwischen dem Vortest und Nachtest sind für alle Stichproben bei beiden Item-Gruppen höchst signifikant.

4.4.3.3. Zusammenfassung

Um neben den Befunden der Untersuchungen 4.1. und 4.2., in denen die Fähigkeit von Lernbehinderten zum Erkennen logischer Strukturen überprüft worden war, weitere Hinweise auf die logische Denkfähigkeit der Schüler erhalten zu können, wurde in der vorliegenden Untersuchung die Fähigkeit zur Bestimmung relativer Mengen vor und nach einem zehnmaligen speziellen Training bei je 45 lernbehinderten Sonderschülern und 60 Grundschulern des 3. und 4. Schuljahres überprüft. Es wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

- 1.) Die mittleren Abweichungen der Schätzungen von dem Realwert betragen in der Ausgangsleistung bei der Stichprobe S_3 67,17 (senkrechte Stäbe) und 67,46 (waagerechte Stäbe), bei S_4 53,12 (s) und 44,24 (w), bei G_3 31,22 (s) und 30,31 (w) und bei G_4 25,33 (s) und 21,39 (w) Prozent. Die beiden Sonderschulstichproben unterscheiden sich somit sowohl bei der Bestimmung waagerechter als auch bei der senkrecht dargebotener Stäbe.

Die Hypothese 1, die von bestehenden Leistungsunterschieden zwischen den Gruppen unterschiedlicher Schulformen ausging, wird somit bestätigt.

- 2.) In der nach dem Training durchgeführten Überprüfung nehmen die mittleren Abweichungen bei den vier Stichproben nachstehende Werte an: S_3 : 24,96 (s) - 23,33 (w), S_4 : 18,48 (s) - 15,27 (w), G_3 : 12,34 (s) - 11,65 (w), G_4 : 13,43 (s) - 13,05 (w).
Gegenüber der Ausgangsleistung weisen die vier Stichproben eine Verbesserung der Schätzleistung von 60 bis 65 Prozent (S_3 , S_4 , G_3) beziehungsweise 39 bis 47 Prozent (G_4) auf. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,1\%$ kann eine sehr bedeutsame Differenz zwischen der Leistung im Prä- und der im Posttest festgestellt werden.

Die Unterhypothese 2 und die Hypothese 4.3., die die Möglichkeit eines bedeutsamen Leistungszuwachses auch der Sonderschüler annahmen, können beibehalten werden.

- 3.) Trotz eines höchst signifikanten Lernerfolges aller vier Stichproben haben sich die Leistungen der Sonderschulgruppen in der Abschlusleistung den Leistungen der Grundschulstichprobe angenähert. Während in der Abschlußprüfung zwischen S_4 und G_4 keine bedeutsamen Leistungsunterschiede mehr bestehen, sind die Leistungsdifferenzen zwischen S_3 und G_3 trotz der Annäherung noch immer als weit überzufällig zu bezeichnen.
- 4.) Zwischen den Schätzleistungen bei waagerecht und bei senkrecht dargebotenen Stäben bestehen im Vortest bei den Stichproben S_4 und G_4 und im Nachtest bei der Stichprobe S_4 bedeutsame Unterschiede.

Interpretation

In der vorliegenden Untersuchung der Bestimmung relativer Längen haben lernbehinderte Sonderschüler einen bedeutsamen Lernzuwachs allein dadurch verzeichnen können, daß ihnen in 10 x 20 Übungen Gelegenheit gegeben wurde, die von ihnen "geschätzte" Größe mit dem Realwert zu vergleichen. Sie haben selbständig einen Weg gefunden, der es ihnen ermöglicht, Längen in Relation zu anderen genauer bestimmen zu können.

Obwohl nicht die eindeutige Aussage getroffen werden kann, daß alle Schüler mit Hilfe logischer Schlüsse oben beschriebener Art ihre "Schätzgrößen" bestimmt haben - außer dem bloßen Nennen irgendwelcher Zahlen, das recht schnell offenkundig wird, ist uns keine andere Methode denkbar - kann diese Leistungsverbesserung unseres Erachtens nur durch eine Optimierung beziehungsweise durch eine Annäherung an oben dargestellte Denkschritte zustande gekommen sein. Das beweist, daß lernbehinderte Sonderschüler Probleme nicht nur über ein Nachvollziehen, sondern auch mittels des Entwurfs eigener Strategien bewältigen können; sie können das vollziehen, was PIAGET mit dem Begriff Akkomodation umschreibt. Es werden also auch hier wieder Leistungen feststellbar, die dem bisherigen Bild der Leistungsfähigkeit des Sonderschülers widersprechen und die Begründung bisheriger didaktischer Maßnahmen in Frage stellen.

4.4.4. Zusammenfassung der Ergebnisse und Interpretationen der zur Überprüfung der Hypothese 4 durchgeführten Untersuchungen

Nachdem die zur Überprüfung der Hypothese 3 durchgeführten Untersuchungen bestätigt hatten, daß lernbehinderte Sonderschüler strukturgleiche Zahloperationen mit unterschiedlichem Erfolg bewältigen und dadurch das Nicht-erfassen der Struktur der Operation dokumentieren, war es für ein Ergreifen bestmöglicher didaktischer Maßnahmen erforderlich, die Frage nach der Ursache für die aufgezeigten Leistungsunterschiede und Minderleistungen zu stellen. Entgegen der in bisherigen didaktischen Konzepten vertretenen beziehungsweise offenkundig werden- den Ansicht einer weitgehenden "Irreparabilität" der Leistungsschwächen wurde die Hypothese einer höheren Leistungsfähigkeit der Schüler gerade in den Bereichen vertreten, die bisher als besonders defizitär ausgewiesen wurden. Zu diesen zählen Leistungen, die unter den Formeln "logisches Denken", "Erkennen logischer Zusammenhänge", "Erfassen von Strukturen" umschrieben sind. Gerade diese vorhandenen beziehungsweise nicht vorhandenen Leistungen haben notwendig entscheidenden Einfluß auf die Festlegung der Lernziele, auf die Aufbereitung der Inhalte und auf die anzuwendenden Methoden. Dies konnte am Beispiel gegenwärtigen synthetischen Rechen- unterrichts einerseits und am Gegenbeispiel struktur- orientierten Mathematikunterrichts andererseits "theore- tisch" aufgezeigt werden.

Strukturorientierter Unterricht mit all seinen Vorzügen ist jedoch nur möglich, wenn lernbehinderte Sonderschüler in der Lage sind, oben genannte Leistungen zu erbringen. Im Interesse einer optimalen Förderung der Schüler schien es daher notwendig, zu überprüfen, ob unter bestimmten Voraussetzungen nicht doch eine ausreichende Stiftung

von Einsichten in Zusammenhänge und eine Generalisierung dieser Einsichten möglich ist - Leistungen also, die bisher zur Vermeidung von Frustration und Mißerfolgs-erlebnissen im Unterricht kaum angesprochen wurden.

Im Gegensatz zu dem bisherigen synthetischen Aufbau der Zahlbereiche in kleinen Schritten wurde bei zwei Schülergruppen in einem strukturorientierten Unterricht versucht, durch die Vermittlung von Grundeinsichten in das Zahl-system als Bündelungssystem den Zugang zu nicht eigens geübten Zahlverknüpfungen zu ermöglichen. Es zeigte sich, daß die Schüler in der Lage waren, innerhalb von vier Wochen nicht nur additive und subtraktive Verknüpfungen in dem Zahlbereich auszuführen, der im Unterricht direkt angesprochen worden war. Für dieses Ziel sieht der Hessische Bildungsplan (1962) ein ganzes Schuljahr vor. Die Schüler konnten darüber hinaus zu einem hohen Prozentsatz auch Items aus höheren und "unbekannten" Zahlbereichen lösen. Sie konnten aufgrund der Erkenntnis des Aufbaus des Positionssystems die Strukturgleichheit von Operationen in verschiedenen Zahlbereichen erkennen.

Handelte es sich hierbei um die Erschließung einer Struktur, die durch eine schrittweise Erarbeitung der Strukturelemente "nachvollziehend" erfaßt werden sollte, so war es das Ziel einer weiteren Untersuchung, festzustellen, ob lernbehinderte Sonderschüler mit Hilfe der nachvollziehenden Analyse verschiedener logischer Reihen unterschiedlicher Struktur eine Fähigkeit entwickeln, die sie in die Lage versetzt, neue Strukturen selbständig zu erkennen. Nach einem 14-tägigen Training von je 30 Minuten konnten die lernbehinderten Sonderschüler gegenüber dem Vortest einen bedeutsamen Leistungszuwachs erzielen.

In einer dritten Untersuchung schließlich sollte überprüft werden, inwieweit Sonderschüler dadurch ihre Leistung bei der Bestimmung relativer Mengen verbessern können, daß ihnen in Trainingsitems die Möglichkeit

geboten wird, den von ihnen "geschätzten" Wert mit dem Realwert zu vergleichen. Da eine Anhebung der Leistung nur dann möglich ist, wenn der Schüler seine Strategien zur Bewältigung der Situation optimiert, liefert das Experiment Hinweise auf die Möglichkeit der selbständigen Entwicklung einer Folge logischer Handlungen. Nach 200 Übungen an "neutralem" Material erzielten die Sonderschüler im Posttest gegenüber dem Prätest einen sehr bedeutsamen Leistungszuwachs.

Alle drei Untersuchungen lassen erkennen, daß das die gegenwärtige Grundthesen der Didaktik bestimmende Bild der Leistungsfähigkeit von Sonderschülern zumindest in bestimmten Teilbereichen revidiert werden muß und im Interesse des Schülers dort ein mechanisches Lernen abzulehnen ist, wo aufgrund einer vermeintlichen Leistungsschwäche auf ein strukturorientiertes Vermitteln von Erkenntnissen verzichtet wurde.

4.5. Untersuchung zur Abhängigkeit des Lernerfolgs von der Effizienz methodischer Entscheidungen

- Überprüfung der Hypothese 5 -

Vorbemerkung:

Wir haben bisher versucht nachzuweisen, daß Sonderschüler erstens wegen mangelnder Berücksichtigung ihrer Lernvoraussetzungen bei der Auswahl der Inhalte und zweitens wegen strukturdesorientierter didaktischer Entscheidungen einer "organisierten" Behinderung ausgesetzt sind.

Die mangelnde Berücksichtigung der Lernvoraussetzung der Schüler scheint durch ein zwar nur durch bildungstheoretische didaktische Modelle begründetes, faktisch jedoch in allen didaktischen Ansätzen ¹⁾ vorfindbares Ausgehen von inhaltlichen Entscheidungen (Primat der Didaktik im engeren Sinne) bedingt. Die Strukturdesorientiertheit didaktischer Entscheidungen im Bereich der Sonderschule dagegen scheint durch eine Fehleinschätzung von der Leistungsfähigkeit von Sonderschülern begründet zu sein. Wir konnten nachweisen, daß eine höhere Strukturorientiertheit auch zu einer höheren Leistung der Schüler führt.

Neben den hier angesprochenen didaktischen Entscheidungen im engeren Sinne bleibt nun die Aufgabe, auch dem Bereich der Didaktik im weiteren Sinne (Unterrichtsmethodik) besondere Beachtung zu schenken und exemplarisch an drei Beispielen die Gültigkeit von zu Grundsätzen erhobenen Entscheidungen dieses Bereichs zu überprüfen. Zwei der drei Beispiele wurden bewußt Bereichen entnommen, deren Relevanz nicht nur im Bereich der Sonderschule aufweisbar ist.

¹⁾ So führen zum Beispiel auch die Vorschläge der informationstheoretisch orientierten Ansätze stets zur Frage, wie ein vorgegebener Inhalt aufzubereiten sei, um ihn für den Schüler zugänglich zu machen.

In dem ersten Beispiel sollen die Prinzipien der sogenannten "sonderpädagogischen Didaktik" (LESEMANN) nochmals Gegenstand der Diskussion sein. Diese Prinzipien, die bisher weitgehend unumstritten in der Sonderschule angewandt wurden, scheinen bei konsequenter Beachtung die intellektuelle Entwicklung der Schüler zu hemmen.

Hatten wir an anderer Stelle bereits das Prinzip der "kleinsten Schritte" in der häufig postulierten Absolutheit in Frage gestellt (vgl. KUTZER 1973a), so soll im folgenden exemplarisch das Prinzip der "allseitigen Anschauung durch alle Sinne" in seiner Wirkung auf die Entwicklung abstrakten Denkens überprüft werden.

Eine zweite Untersuchung setzt sich mit der Folge der Erarbeitung "zweier" Inhalte auseinander:

Bei den ersten Operationen mit mehrstelligen Zahlen wird das sogenannte mündliche Rechnen (mit einer horizontalen Itemanordnung) nicht nur in der Sonderschule, sondern auch in der Grundschule den sogenannten schriftlichen Verfahren mit der ihnen zugeordneten vertikalen Schreibweise vorgezogen. Wir behaupten, daß hier der schwerere Schritt vor dem leichteren getan und zudem noch durch die zunächst angewandte horizontale Schreibweise die Einsicht in den Aufbau des Positionssystems erschwert wird.

Schließlich soll in einer dritten Untersuchung eine "Empfehlung" des Hessischen Bildungsplanes (1962) für den Erststufenunterricht überprüft werden, die bei dem Umgang mit Mengen zur Vorbereitung und Einführung des Zahlbegriffs die lineare Anordnung der Elemente der Menge fordert (vgl. S. 118). Wir glauben, daß diese lineare Anordnung das komplexe Erfassen der Menge erschwert und sich dadurch der Begriff der (Kardinal-)Zahl als Symbol einer festgelegten, unveränderbaren Eigenschaft einer Menge nur schwer entwickeln kann.

Im folgenden wollen wir auf den zunächst angesprochenen Problemkreis eingehen. Wir haben die Vermutung geäußert, daß bestimmte methodische Prinzipien der Schule für Lernbehinderte bei konsequenter Einhaltung eine Dequalifizie-

rung des Schülers zur Folge haben können. So hatten wir auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Prinzip der kleinsten Schritte und der Minderentwicklung synthetischer beziehungsweise komplexerer Denkprozesse bei Sonderschülern hingewiesen. Gleiche Bedingungsbeziehungen können jedoch auch in anderen Bereichen aufgezeigt werden, wir wollen jedoch nur kurz auf den durch die Begriffe "Anschauung" und "Abstraktion" abgesteckten Problemkreis eingehen.

4.5.1. Überprüfung des Einflusses des Prinzips der Anschauung ¹⁾ auf die Entwicklung abstrakten Denkens

- Überprüfung der Hypothese 5.1. -

Allgemeine Vorüberlegungen

"Aus einem vorwiegend mit Vorstellungen arbeitenden Unterricht vermag das Sonderschulkind nur wenig an Erkenntnissen zu gewinnen. Bedingt durch seine Aufnahmeschwäche ist eine vielsinnige Veranschaulichung des Bildungsguts erforderlich, um ein wirkliches Erfassen zu sichern" (Hessischer Bildungsplan, S. 20).

¹⁾ Unter Anschauung verstehen wir mit WEIS (1968, S.240 "die sinnliche Repräsentanz eines Gegenstandes. Dieser Gegenstand kann sowohl von sinnlicher als auch von nicht sinnlicher Gegebenheitsweise sein. In beiden Fällen kann die sinnliche Repräsentanz auf der Dimension konkret - abstrakt variieren." Das in der Schule für Lernbehinderte vertretene Prinzip der Anschauung durch alle Sinne bezieht sich primär auf die konkrete Repräsentanz, auf die unmittelbare Anschauung. Wenn wir im folgenden von der Ablösung der konkreten Anschauung sprechen, so meinen wir das vor allem im Bereich des Rechenunterrichts für die Begriffsbildung erforderliche Interiorisieren der an Gegenständen ausgeführten Handlungen und damit die Ablösung der konkreten Handlung durch die vorstellende Handlung. Hierdurch wird ein wichtiger Schritt hin zur Abstraktion und in Richtung auf die Beweglichkeit des Denkens geleistet.

" Die dinglichen Elemente des Unterrichtsgegenstandes müssen daher konkret greifbar oder konkret zugänglich sein oder aus der konkreten Erfahrung des Schülers stammen" (Hessischer Bildungsplan, S. 21).

Diese hier im Hessischen Bildungsplan erhobene Forderung findet sich mehr oder minder modifiziert in den meisten Lehrplänen und Unterrichtslehren der Schule für Lernbehinderte (vgl. u.a. BACH 1971, BLEIDICK 1965, LESEMAN 1960, SCHADE 1962, BILDUNGSPLAN der Schule für Lernbehinderte des Landes Hessen 1962). Ihre Begründung wird in der besonderen Abstraktionsschwäche des Sonderschülers gesehen, aber auch "physiologische" Begründungen wie die SCHADES sind vorzufinden: "Während in der Volksschule die Aufnahme oft schon durch einen Sinn oder zwei Sinne ausreicht, muß in der Hilfsschule grundsätzlich eine alle Sinne ansprechende Anschauung erfolgen. Gerade durch die niederen primitiven Sinne wird ein stärkerer physiologischer Reiz ausgelöst, der wieder intensiver bildend auf die Gesamtpersönlichkeit wirkt (Betasten, Begreifen, Riechen, Schmecken)" (SCHADE, S. 42). Wohl auf Grund der in der Praxis gewonnenen Erfahrung schränkt er später als einziger der genannten Autoren wieder ein: "Eine durch alle Sinne erfolgte Auffassung bedeutet nicht, daß vielerlei Anschauungen an das Kind heranzubringen sind. Dann vermag es das Dargebotene nicht mehr zu überschauen. Allzu reichliche Anschauung wirkt aufreizend, ablenkend und verwirrend" (SCHADE, S. 42).

Leider vermag SCHADE keine Hinweise zu geben, wie nun eine optimale Anschauung ohne ein Zuviel und Zuwenig auszusehen habe. So verbleibt der "gute" Sonderschulunterricht überwiegend in der Phase beständiger konkreter Anschauung, und dort, wo der Versuch einer Lösung vom konkreten Gegenstand erfolgt, werden die Kinder in der Tat überfordert, da die beständige Arbeit am konkreten Gegenstand der Fähigkeit zum vorstellenden Handeln entgegenwirkt hat. Es werden nun Lernschritte übersprungen, zu deren Bewältigung das Kind keine Möglichkeit hatte.

Die Folgerung "geringer Abstraktivität" (BACH, S.25) wird daher erneut verstärkt und scheint die Rückkehr zur umfassenden konkreten Anschauung zu gebieten.

Im Gegensatz zur Auffassung aller oben genannten Autoren, für die die Fähigkeit zur Abstraktion etwas "Naturgegebenes" oder eine allein von einer Reifung abhängende Leistung (vgl. die stufenbezogenen Empfehlungen des Hessischen Bildungsplanes, 118) zu sein scheint - wie anders könnte man die Forderung nach beständiger Arbeit am und mit dem Objekt begründen - wird hier in Anbetracht der bereits vorliegenden Forschungsergebnisse die beinahe banal einzustufende Überzeugung vertreten, daß auch abstraktes Denken Gegenstand eines Lernprozesses ist. Es sei in diesem Zusammenhang vor allem an die Arbeiten GALPERINS erinnert, der diesem Fragenkomplex in seinen theoretischen Erörterungen und empirischen Untersuchungen besondere Beachtung schenkte.

Im folgenden soll eine Untersuchung kurz referiert werden, die in den Jahren 1967 bis 1969 vom Verfasser an der Mittelpunktschule in Eiterfeld durchgeführt wurde. Der Verfasser hatte damals zunächst mittels des "Negativ-Ergänzungsverfahrens" (vgl. 386), das in dem "Rechenzug" eine unterrichtspraktische Anwendung fand, versucht, den Schülern das Operieren im Zahlenraum bis 10, den Zehnerübergang und die Einsicht in die Struktur des Positionssystems zu erleichtern (vgl. hierzu die Unterrichtsprotokolle im Anhang, S. E 1). Neben der Feststellung eines schnellen Voranschreitens und einer recht freudvollen Mitarbeit der Schüler fiel jedoch negativ auf, daß zumindest für einen großen Teil der Kinder die wiederholt in der Literatur anzutreffende Aussage, daß Schüler bei der Beherrschung des Sachverhalts das Arbeitsmittel von sich aus weglegen, nicht zutraf. Um nun zu erfahren, ob die unterrichteten Sonderschüler diese Ablösung generell nicht zu leisten vermögen, oder ob diese Ablösung eines gesonderten Lernprozesses bedarf, wurde einer Gruppe der Schüler die Möglichkeit gegeben, immer dann mit dem Arbeitsmittel zu arbeiten, wenn diese es

wünschte. Eine zweite Gruppe wurde dazu angeleitet, eine zunächst konkret ausgeführte Handlung zuerst teilweise, dann völlig vorstellend auszuführen. Schließlich wurde diese Vorstellung nicht mehr direkt angesprochen. Während der Untersuchungszeit wurde nun ein Beobachtungsbogen geführt, in dem festgehalten wurde, zu welchem Zeitpunkt die Kinder in der Lage waren, bestimmte Rechenoperationen teilweise, beziehungsweise ganz vorstellend auszuführen.

Diese Beobachtungen und eine vor Beginn und nach Abschluß der Untersuchung durchgeführte Überprüfung der Rechenleistung sollte dann zeigen, ob

1. die Gruppe, deren vorstellendes Operieren trainiert wurde, überhaupt in der Lage war, diese Leistung zu erbringen und
2. in welchen Relationen die Leistungen beider genannter Gruppen zueinander standen.

Diese Untersuchung wurde 1969 wiederholt, nun allerdings nicht mit den Rechenzügen als Anschauungsmaterial, sondern mit den farbigen Rechenstäben von Cuisenaire.

4.5.1.1. Untersuchungsplanung

1. Anlaß der Untersuchung:

Zwischen den in der Literatur gegebenen Empfehlungen und der in der Praxis gewonnenen Erfahrung bezüglich der selbständigen Ablösung der Schüler vom Anschauungsmittel bestehen deutliche Diskrepanzen. Da nach PIAGET und GALPERIN erst durch verinnerlichte Handlungen Denkprozesse ermöglicht werden, können im Interesse einer optimalen Förderung der Kinder die aus dem hier aufgezeigten

Widerspruch abgeleiteten didaktischen Fragen nicht länger auf der Ebene intuitiver, weitgehend unverbindlicher Meinungsbekundungen gelöst werden.

2. Ziel der Untersuchung

Überprüfung der Hypothese 5.1.

Die Hypothese enthält folgende Unterhypothesen:

1. Sonderschüler können durch besondere methodische Maßnahmen zum anschaulichen Denken geführt werden.
2. Schüler, die von der Stufe der konkreten Operation zur Stufe des anschaulichen Denkens gelangt sind, erzielen bessere Rechenleistungen.

3. Stichproben der Untersuchungen 1 und 2

1. Untersuchung:

Überprüft wurden die Kinder der Sonderschulklassen der Mittelpunktschule Eiterfeld, die sich im Jahre 1967 mit der Erweiterung der Rechenoperation vom Zahlbereich 1 bis 20 auf den Zahlbereich 1 bis 1000 befaßten.

Insgesamt befanden sich 19 Kinder in dieser Lernphase. Die Schüler wurden

- bezüglich ihrer Rechenleistung im Zahlbereich 1 bis 1000, wobei dem Zahlbereich 1 bis 20 von der Zahl der Items her besonderes Gewicht beigemessen wurde,
- bezüglich der Fähigkeit, eine beobachtete Handlungsfolge wiederzugeben, sowie
- hinsichtlich ihrer Intelligenz in jeweils eine Rangfolge gebracht.

Nach einer doppelten Gewichtung der Rangfolge der Rechenleistung wurden die jeweiligen Rangplätze in den drei Vortests aufaddiert und eine Rangreihe der Rangsummen gebildet. Da der Abschlußtest

ausschließlich die Rechenleistung berücksichtigt, wurde bei dem in der üblichen Form vollgezogenen Splitten der Gruppe darauf geachtet, daß der Mittelwert der Rechenleistung der Gruppe 1 dem der Gruppe 2 entsprach. Dies wurde durch die Herausnahme des Schülers, der in der Gesamtrangliste den Rangplatz 18 einnahm und durch eine Vertauschung der Schüler der benachbarten Rangplätze 2 und 3 erreicht. In jeder Gruppe arbeiteten somit 9 Schüler mit einem Lebensalter zwischen 7 und 12 Jahren. Alter und Geschlecht wurden bei der Gruppeneinteilung nicht berücksichtigt.

2. Untersuchung:

Auch für die zweite Untersuchung wurden Kinder der Sonderschulklassen der Mittelpunktschule Eiterfeld ausgewählt. Um eine möglichst große Probandenzahl zu erreichen, und den Doppeleinsatz von Probanden in beiden Untersuchungen zu vermeiden, mußte mit der Zweituntersuchung zwei Jahre gewartet werden. In dieser zweiten Untersuchung sollten die Schüler die gleichen Lernvoraussetzungen und das gleiche Lernziel erreichen, wie die der ersten Untersuchung. Diese Vorbedingung erfüllten zum Zeitpunkt der Untersuchung von 34 Kindern der Klassen 1 und 2 23 Kinder. Aus diesen wurden mittels der oben geschilderten Verfahren zwei Gruppen von je 10 Schülern gebildet. Im Gegensatz zur ersten Untersuchung schwankte das Alter der Kinder jetzt zwischen 7 und 10 Jahren. Dies ist durch die bessere Förderung der Kinder vor der Untersuchung zu erklären.

4. Methode der Untersuchung

1. Prüfverfahren:

Den Schülern der Versuchs- und Kontrollgruppe wurden - wie bereits oben beschrieben - die in der Tabelle 72 verzeichneten Items vor und nach der Behandlung des Themas Erweiterung des Zahlbereichs

Tabelle 72

Übersicht über den Aufbau der Prüfitems

Entspre- / m. ZÜ / chung o. ZÜ	Addition	Subtraktion	Zahl- bereich
	o. ZÜ. 2 + 6	8 - 6	1 - 20
	3 + 7	10 - 7	
	m. ZÜ. 8 + 4	12 - 4	
	3 + 8	11 - 8	
	o. ZÜ. 41 + 8	49 - 8	20 - 100
	84 + 6	90 - 6	
	m. ZÜ. 19 + 5	24 - 5	
	86 + 7	93 - 7	
	o. ZÜ. 42 + 16	58 - 16	mehrst. Summ./ Subtr.
	53 + 27	80 - 27	
	m. ZÜ. 68 + 24	92 - 24	
	33 + 38	71 - 38	
	o. ZÜ. 761 + 8	769 - 8	einst. Summ./ Subtr.
	864 + 6	870 - 6	
	m. ZÜ. 479 + 5	484 - 5	
	916 + 7	923 - 7	
	o. ZÜ. 942 + 16	958 - 16	mehrst. Summ./ Subtr.
	753 + 127	880 - 127	
	m. ZÜ. 668 + 24	692 - 24	
	433 + 338	771 - 338	

von 1 bis 20 auf 1 bis 1000 vorgelegt. Die Items wurden im Prätest sowohl in horizontaler, als auch in vertikaler Schreibweise geboten und dann als bewältigt angesehen, wenn bei einer der beiden Darbietungsformen eine richtige Lösung erzielt wurde. Im Posttest wurden die Items nur noch in vertikaler Schreibweise geboten.

Die Zahl der für die Behandlung dieses Themas benötigten Stunden wurde zunächst nicht festgelegt, da vorab nicht zu planen war, wann die Schüler die intendierten Lernphasen bewältigen. Insgesamt wurden sechs Unterrichtswochen von den Kindern mit dem geringsten Lerntempo benötigt.

Da der Verfasser 1967 allen Schülern der Sonderschulklassen und 1969 den Klassen 1 und 2 den Rechenunterricht erteilte, war es möglich, die Gruppen getrennt zu unterrichten und zwar jeweils jede Woche alternierend in der zweiten beziehungsweise in der dritten Stunde.

2. Beschreibung des Unterrichtsablaufs

Das Unterrichtsverfahren kann hier nur kurz skizziert werden - es wird an dieser Stelle nochmals auf das Kapitel 4.4.1. und auf den Anhang (S.E1) verwiesen, wo die Strukturfolge und methodischen Entscheidungen ausführlicher dargestellt wurden. Der besseren Übersicht wegen sind im folgenden die wesentlichen Momente der Unterrichtsfolge für die Gruppe 1 und die Gruppe 2 zusammengestellt.

Die Unterrichtseinheiten wurden so geplant, daß grundsätzliche Übereinstimmung der inhaltsbezogenen Lernschritte besteht. Die Probanden der Versuchsgruppe (VG) führen überall dort zusätzliche Tätigkeiten aus, wo eine Verinnerlichung der Handlung und eine Operation mittels der verinnerlichten Handlung angestrebt wird.

Während die Kontrollgruppe (KG) von der konkreten Mengenoperation zur Zahloperation über die Schritte

1. Mengenoperation
2. Mengenoperation in Verbindung mit entsprechender Zahloperation
3. Zahloperation

gelangt, hat die VG in allen geeignet erscheinenden Unterrichtsphasen die Schritte

1. Mengenoperation
2. Sprachliche Beschreibung der Operation (Wiederholung des Ablaufs aus der Vorstellung)
3. Mengenoperation in Verbindung mit entsprechender Zahloperation
4. Teilweise vorstellende Ausführung der Mengen- und Zahloperation, Kontrolle durch konkrete Handlung
5. Vollständige vorstellende Ausführung der Mengen- und Zahloperation, Kontrolle durch konkrete Handlung
6. Ausführen der Zahloperation, Kontrolle durch Vergleich der Ergebnisse verschiedener Schüler

auszuführen.

UNTERRICHTSVORHABEN: Erweiterung
des Zahlbereichs auf 1 - 1000

Inhaltl. Strukturmomente	Lernschrittfolge	Lerntätigkeit der VG und KG	Zusätzliche Tätig- keit der VG
1. Erweiterung des Zahlbereichs Das Bilden von Teilmengen gleicher Zahleigenschaft gestaltet eine ungegliederte Menge übersichtlicher Gleichmäßig geliederte Mengen sind bezüglich deren Mächtigkeit besser vergleichbar	Bündelung von Elementen zur Erstellung übersichtlicher Ordnungen Vergleich verschiedener gleichartig gebündelter Mengen Wir fassen gebündelte Mengen wieder zu Mengen zusammen und bestimmen deren Zahl-eigenschaft Gleiche Ziffern symbolisieren die Zahl-eigenschaften von Mengen mit Elementen unterschiedlichen Niveaus - das unterschiedliche Niveau muß gekennzeichnet werden - im Positionssystem symbolisiert die Position der Ziffer das Niveau der Elemente der Menge, deren Zahl-eigenschaft durch die Ziffer dargestellt werden soll	Aufladen von Kisten auf Züge. Jeder Waggon faßt 10 (8, 6, 7, 9) Kisten Wir haben volle Waggonen und restliche Kisten Wieviele volle Waggonen - wieviel Kisten haben wir? Wie lang ist unser Zug? Wir schreiben die Zahl der vollen Waggonen rot, die der übrigen Kisten grün - die Verwendung unterschiedlicher Farben ist umständlich - wir schreiben die Zahl der vollen Waggonen immer vor die Zahl der übrigen Kisten. Ist keine Kiste übrig, setzen wir eine "0" ein.	Wir beladen Züge und stellen uns die Größe der Waggonen vor Wer kann den abgefahrenen Zug nachbauen?

Wir notieren die "Längen" verschiedener Züge

Wessen Zug ist länger:

17 ?

71 ?

22 ?

Kein schriftl. Notieren der Längen, Notieren der Ziffernfolge

Beschreibung des Zuges, dessen Länge durch die "mündl." Darstellung einer Ziffernfolge bestimmt ist

2. Operationen im erweiterten Zahlbereich
Elemente gleichen Niveaus können zu Mengen zusammengefaßt werden

Zusammenfassen gleichartiger Elemente zu Mengen, deren Zahlgleichschaft neu bestimmt wird.

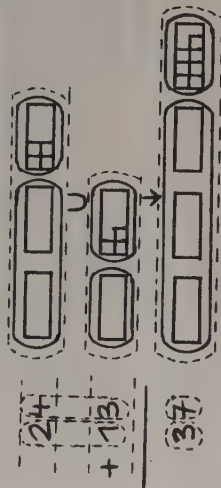
Wir koppeln Waggons an/ab, laden Kisten zu/ab:
a) Mengenoperation

Beschreibung der ausgeführten Handlung (aus der Vorstellung)



Mehrstellige Zahlen können nur über mehrere Teiloperationen addiert und subtrahiert werden

b) Mengenoperation + entsprechende Zahloperation
Beschreibung des Kopplungsmanövers



Beschreibung des Kopplungsmanövers der Züge 43 und 27

Inhaltliche Strukturmomente	Lernschrittfolge	Lerntätigkeit der VG u. KG	Zusätzliche Tätigkeit der VG
	c) Zahloperation		a) konkrete Ausführung der Handlung b) halbkonkrete Ausführung der Handlung: "43 + 27" werden vorgelegt. Wie sieht das Ergebnis der Kopplung aus? c) 43 wird vorgelegt, 27 wird vorstellend gekoppelt Welches Ergebnis? Prüfung des Ergebnisses durch konkrete Ausführung der Handlung d) Wir koppeln 22 + 41 58 + 33 Mündliche Beschreibung der Kopplung, Vergleich zwischen Schülern e) Koppeln 58 - 17 59 - 24 Keine Beschreibung des Koppeln Nennung und Vergleich des Ergebnisses

3. Einschränkung der Untersuchung

Da der Verfasser einerseits sowohl die Versuchs- als auch die Kontrollgruppe unterrichtete, andererseits aber von Beginn der Untersuchung an die Hypothese vertrat, daß Sonderschüler bei einer schrittweisen Steigerung der Anforderungen abstraktes Denken stufenweise entwickeln können, daß Schüler, die diese Möglichkeit erhalten, in ihren Rechenleistungen den übrigen Kindern überlegen sind, kann mit einer Beeinflussung des Ergebnisses insofern gerechnet werden, als die Kontrollgruppe - bewußt oder unbewußt - eine besondere Förderung genießen konnte ("experimenter bias" nach ROSENTHAL 1966, zitiert bei HELLER / ROSEMAN 1974, S. 52).

Durch eine genaue Einhaltung der Unterrichtsplanung bei beiden Gruppen, durch eine ständige gleichförmige Kontrolle der Lernprozesse, durch einen gleichmäßigen Einsatz negativer und positiver Verstärkungen wurde jedoch versucht, die durch den Lehrer mögliche unterschiedliche Förderung beider Gruppen einzuschränken oder von Beginn an auszuschalten.

4.5.1.2. Darstellung der Ergebnisse

1. Die Lösung der Versuchsgruppen vom Arbeits- und Anschauungsmittel

Ein wesentliches Anliegen der Untersuchung war die Überprüfung der Frage, ob sich Sonderschüler selbständig von dem Arbeitsmittel lösen wollen beziehungsweise überhaupt lösen können. Da das Arbeits- und Anschauungsmittel sich nach PIAGET erst dann bei späteren gleichartigen Operationen erübrigt, wenn die Handlung verinnerlicht ist, also vorstellend ausgeführt werden kann, scheint es möglich, durch strukturgleiche Items den Grad der Verinnerlichung der Handlung zu prüfen.

Wie bereits erwähnt, wurden sowohl die Versuchsgruppe als auch die Kontrollgruppe nach dem gleichen Programm unterrichtet. Es bestand lediglich der Unterschied, daß die VG wiederholt im Unterricht die Möglichkeit erhielt, zuvor konkret ausgeführte Handlungen vorstellend

- a) zunächst zu wiederholen,
- b) späterhin ähnliche Handlungen vorstellend auszuführen und durch die konkrete Handlung zu überprüfen und schließlich
- c) nur noch vorstellend auszuführen.

Im letzten Falle diente nur noch der Vergleich der Resultate der Schüler untereinander zur Kontrolle. Von den neun Schülern der Versuchsgruppe 1 und den 10 Schülern der Versuchsgruppe 2 waren jeweils 7 von 9 bzw. 8 von 10 nach den in der Tabelle 71 in der Spalte 2 aufgeführten Unterrichtseinheiten in der Lage, die in der Spalte 1 aufgezeigten Zahloperationen auszuführen und durch die Beschreibung der entsprechenden Mengenoperationen zu begründen.

Tabelle 73:

Zeitpunkt der Ausführung der verschiedenen Rechenoperationen durch die Versuchsgruppe in der Untersuchung 1 und in der Untersuchung 2

Operation	Untersuchung 1	Untersuchung 2
17 =	2 Stunden	1 Stunde
24 + 4 =	3 Stunden	2 Stunden
45 + 12 =	3 Stunden	2 Stunden
38 + 6 =	6 Stunden	5 Stunden
47 + 15	6 Stunden	5 Stunden
213 =	11 Stunden	9 Stunden
314 + 5 =	12 Stunden	9 Stunden
725 + 32 =	13 Stunden	10 Stunden
513 + 245 =	15 Stunden	11 Stunden
327 + 9 =	18 Stunden	14 Stunden
648 + 57 =	21 Stunden	16 Stunden
473 + 258 =	24 Stunden	20 Stunden

Es muß hier nochmals daran erinnert werden, daß bei allen Operationen im Gegensatz zu der aus Platzgründen erfolgten Darstellung in der Tabelle die vertikale Schreibweise zur Darstellung der Operation benutzt wurde, da diese eine bessere Einsicht in den Aufbau des Positionssystems (vgl. Untersuchung 5.2.) ermöglicht. Bei der Überprüfung hatten die Schüler die Aufgaben vorliegen - das Ergebnis wurde mündlich genannt und anschließend durch die Beschreibung der entsprechenden Operation am Rechenzug (Cuisenaire - Stäbe in der Untersuchung 2) begründet. Durch diese zuletzt genannte Maßnahme sollte eine Kontrolle ermöglicht werden, ob der Schüler die Aufgabe mit Hilfe einer vorstellend ausgeführten Handlung oder auf Grund erlernter Schematismen gelöst hat. Die hier vorliegenden Ergebnisse lassen die Aussage zu, daß die Schüler der Versuchsgruppen beider Untersuchungen in der Lage waren, das intendierte Abstraktionsniveau (vorstellende Ausführung von Handlungen) zu erlangen. Es kann aufgrund der Beobachtungen während der Untersuchung sogar noch hinzugefügt werden, daß die Schüler hierin kaum Schwierigkeiten hatten, vorausgesetzt, die zu lösende Aufgabe lag zur Stützung des Gedächtnisses schriftlich vor. Vergleicht man die Ergebnisse beider Gruppen, so überrascht die trotz der Differenz in der Dauer des Lernprozesses bestehende Gleichförmigkeit des Voranschreitens.

Wir können somit feststellen, daß die Schüler innerhalb von vier beziehungsweise fünf Wochen in der Lage waren, sich von der konkreten Operation zu lösen.

2. Vergleich der Rechenleistungen der Versuchs- und Kontrollgruppen im Vor- und Nachtest

Versuchs- und Kontrollgruppen erzielten vor Beginn und nach Abschluß des 4-/5-wöchigen strukturorientierten Unterrichts folgende mittlere Leistungen:

Tabelle 74:

Mittlere Leistung der Probanden der Versuchs- und Kontrollgruppen im Prä- und Posttest in der Untersuchung 1 und Untersuchung 2
(Bearbeitungszeit der Prüfitems : 7 Min.)

	Untersuchung 1		Untersuchung 2	
	Prätest	Posttest	Prätest	Posttest
Versuchsgruppe	12,0	35,7	14,3	35,7
Kontrollgruppe	11,6	31,7	14,3	33,3

Sowohl in der Untersuchung 1 als auch in der Untersuchung 2 ist bei den Versuchs- und Kontrollgruppen ein sehr bedeutsamer Leistungszuwachs festzustellen ($T_1 = 0$ bei allen Stichproben).

Von größerem Interesse ist die Frage nach der Auswirkung der unterschiedlichen Methoden auf das Leistungsverhalten der Versuchs- und Kontrollgruppe. In der Untersuchung 1 weist die VG (Versuchsgruppe) eine Ausgangsleistung von durchschnittlich 12,0 gelösten Items auf, die KG (Kontrollgruppe) weist mit 11,6 Items nur eine geringfügig - statistisch unbedeutsame - schwächere Leistung auf. Nach Abschluß des Unterrichts erzielte die VG mit 35,7 Items einen um genau 4 Punkte höheren Wert als die KG.

Der Wilcoxon-Test (Ausgangswerte s. Tabelle 75) liefert bei Anwendung eines korrigierten s_T (Rangplatzteilungen) bei einem $N_1 = 9$, $N_2 = 9$, einem $T_1 = 104,5$, einem $T_{pop} = 85,5$ und einem $s_T = 11,301$, ein z von 1,68. Die Unterschiede in der Rechenleistung zwischen beiden

Gruppen können somit noch als durch den Zufall bedingt angesehen werden.

In der Untersuchung 2 war die Ausgangsleistung mit durchschnittlich 14,3 Lösungen bei beiden Gruppen völlig gleich. Nach Abschluß des Unterrichts erzielte die VG einen Mittelwert von 35,7, die Kontrollgruppe dagegen einen solchen von 33,3. Da auch hier wegen der geringen Stichprobengröße die Prüfung der Normalverteilung mit Einschränkung möglich ist, wenden wir wiederum den parameterfreien Rangtest von Wilcoxon an. Bei einem $N_1 = 10$, $N_2 = 10$, einem $T_1 = 114$, einem $T_{\text{pop}} = 105$, einem korrigierten $s_T = 13,111$ erhalten wir ein $z = 0,686$. Der kritische Wert wird bei weitem nicht erreicht. Auch in der Untersuchung 2 müssen die Leistungen beider Gruppen als nicht bedeutsam unterschiedlich interpretiert werden.

Tabelle 75:

Die Leistungen der einzelnen Schüler nach Abschluß der Unterrichtsfolge (Arbeitszeit 7 Min.)

Untersuchung 1:

Pb-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VG	40	38	40	36	36	35	33	36	27
KG	37	40	33	34	33	31	28	29	21

Untersuchung 2:

Pb-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VG	40	39	40	38	38	37	32	34	30	29
KG	40	40	38	40	36	34	29	25	28	23

Die hier dargestellten und analysierten Leistungen wurden bei deren Überprüfung zunächst weder durch ein Zeitlimit noch durch die Vorschrift für oder gegen die Verwendung von Arbeits- und Anschauungsmitteln beeinträchtigt.

3. Die Rechenleistungen der Versuchs- und Kontrollgruppen in Abhängigkeit von der Zeit und von der Anwendung des Arbeitsmittels

Wie bereits oben ausgeführt, waren die Schüler bei der abschließenden Überprüfung der Rechenleistung aus verschiedenen Gründen (Ermittlung des Arbeitstempos, Meiden von Mißerfolgserlebnissen) durch kein ihnen bekanntes Zeitlimit beeinträchtigt. Allerdings waren zur Ermittlung der Relation "gerechnete Items - Zeitaufwand" die Schüler aufgefordert worden, nach 4,5 Minuten und nach 7 Minuten jeweils einen Strich unter die gerade gerechneten Aufgaben zu ziehen. Diese Zeitschranken sollten ermöglichen, Leistungsvergleiche zu Zeitpunkten anzustellen, zu denen

- bei schneller Bewältigung aller Operationen alle Items gelöst sein sollten (4,5 Minuten),
- unter normalen Bedingungen auch langsame "Rechner" alle Items gelöst haben sollten.

Diese Zeitschranken waren nicht willkürlich festgelegt worden, sondern durch eine an Grundschulern des vierten Schuljahres durchgeführte Voruntersuchung ermittelt worden. Diese hatten zur Bewältigung der 40 Aufgaben durchschnittlich etwa 4,5 Minuten benötigt, so daß sich für die vorliegende Untersuchung der Leistung von Sonderschülern zunächst einmal eine Leistungsmessung nach gleicher Zeit und nach weiteren 150 Sekunden empfahl.

Bei der obigen Darstellung der Endleistung war festgestellt worden, daß sich die Leistungen der Schüler der VG und KG nach 7-minütiger Darbietungszeit der Items nicht bedeutsam unterscheiden. Nun ist es denkbar, daß sich die Leistungsrelationen beider Gruppen verändern, wenn

- a) der Zeitpunkt der Messung früher angesetzt wird und dadurch ein Aufholen der an eine ständige konkrete Veranschaulichung gebundenen Gruppe ausgeschaltet wird,
- b) wenn beide Gruppen vor die Aufgabe gestellt werden, die Operationen ohne Hilfsmittel auszuführen.

- 1.) Die Rechenleistungen der Versuchs- und Kontrollgruppen bei einer möglichen Verwendung des Arbeitsmittels durch die Kontrollgruppen

Nach 4 Minuten 30 Sekunden erzielten die Probanden der Versuchs- und Kontrollgruppe in der Untersuchung 1 und in der Untersuchung 2 folgende Ergebnisse:

Untersuchung 1:

Proband Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VG	40	38	38	30	28	28	26	30	20
KG	28	40	24	24	21	20	21	19	16

Untersuchung 2

Proband Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VG	40	39	34	34	30	31	26	28	20	21
KG	40	34	30	29	29	22	20	15	17	15

Aus diesen Werten wurden die in der Tabelle 76 zusammengestellten Mittelwerte errechnet. Zu einem besseren Vergleich sind die Mittelwerte der Erstuntersuchung und der Abschlußuntersuchung (7 Minuten) mit aufgeführt.

Tabelle 76:

Mittlere Leistung der Versuchsgruppe und Kontrollgruppe nach einer Arbeitszeit von 4,5 Minuten im Vergleich zu der Leistung nach 7 Minuten

	Gruppe	Prätest	Posttest 7 Min.	Posttest 4,5 Min.
Unters. 1	VG	12,0	37,5	30,9
	KG	11,6	31,7	24,8
Diff. VG - KG		0,4	5,8	6,1
Unters. 2	VG	14,3	35,2	30,3
	KG	14,3	33,3	25,1
Diff. VG - KG		0,0	1,9	5,2

Wie vor allem aus den Zeilen "Differenz VG - KG" zu erkennen ist, sind im Posttest 1 (4,5 Minuten) die Differenzen wesentlich größer als im Posttest 2 (7 Minuten). Setzt man die mittlere Leistung der VG als 100 Prozent, so liegt die mittlere Leistung der KG in der Untersuchung 1 im Posttest 1 um 19,7 Prozent unter der der VG, im Posttest 2 dagegen nur um 11,2 Prozent. Ein ähnliches Bild ergibt sich in der Untersuchung 2, wo die KG im Posttest 1 um 17,2 Prozent unter der mittleren Leistung der VG lag. Im Posttest 2 betrugen die Differenzen nur 5,4 Prozent. Es kann somit wiederum die für beide Untersuchungen zutreffende Feststellung getroffen werden, daß die Schüler der VG schneller rechneten als die der KG. Da auch hier die Differenz zwischen den beiden Gruppen als nur zufällig zustandegekommen denkbar ist, scheint die Prüfung deren statistischer Bedeutsamkeit erforderlich.

Wir wenden wiederum den Wilcoxon - White - Test an. Er liefert für die Untersuchung 1 bei einem $N_1 = 9$, $N_2 = 9$, einem $T_1 = 110$, einem $T_{pop} = 85,5$ einen korrigierten $s_T = 11,3$, ein $z = 2,168$. In der Untersuchung 2 betragen $N_1 = 10$, $N = 10$, $T_1 = 123,5$, $T_{pop} = 105$, $s_{T_{kor}} = 13,207$ und $z = 1,401$. Damit sind bei zweiseitiger Prüfung die Leistungsunterschiede zwischen der VG und KG in der Untersuchung 1 als bedeutsam, in der Untersuchung 2 als nicht bedeutsam zu bezeichnen.

2.) Die Rechenleistung der Versuchs- und Kontrollgruppen ohne Verwendung des Arbeits- und Anschauungsmittels

Während bei den bisher dargestellten Überprüfungen die Probanden der VG kein Arbeitsmittel als Hilfe zur Bewältigung der Operation zur Verfügung hatten, konnten die Schüler der KG stets auf ihren "Rechenzug" beziehungsweise auf ihre "Rechenstäbe" zurückgreifen. Wenn nun die Leistung beider Gruppen miteinander verglichen werden soll, darf nicht nur der Anteil der gelösten Items berücksichtigt werden, vielmehr ist auch die Qualität der Leistung, das Abstraktionsniveau zu beachten. Aus diesem Grunde wurden den Probanden der KG einen Tag nach der ersten

Abschlußüberprüfung die gleichen Items nochmals vorgelegt, diesmal sollten diese jedoch ohne die Verwendung des Rechenzuges beziehungsweise der Cuisenaire-Stäbe bewältigt werden. Um einer zumindest für einige Schüler zu erwartenden "Ratlosigkeit" weitgehend zu begegnen und außerdem auf eine mögliche "indirekte Nutzung" des Hilfsmittels über die Vorstellung hinzuweisen, wurde folgende Instruktion gegeben: "Heute wollen wir einmal ein kleines Spiel durchführen: die Gruppe 2 hat gestern die Rechenaufgaben ohne Rechenzug (Rechenstäbe) gerechnet. Wir wollen das gleiche heute auch einmal versuchen. Wer nicht weiter kann, denkt immer daran, wie wir die Aufgabe mit dem Rechenzug gelöst haben". Die Schüler der KG erzielten unter diesen veränderten Bedingungen folgende Einzelergebnisse:

Proband Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Arbeitsz.: 7 Min.	28	40	25	30	27	25	23	15	14
Arbeitsz.: 4,5 "	20	36	19	22	20	18	18	13	14

Proband Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arbeitsz.: 7 Min.	40	36	32	33	31	25	27	19	23	16
Arbeitsz.: 4,5 "	34	28	25	26	27	18	21	16	16	13

Errechnet man für beide Untersuchungen und beide Leistungsmessungen die Mittelwerte (s. Tabelle 77), so läßt sich im Vergleich zu den Operationen, die durch Anschauungsmittel gestützt werden konnten, ein deutliches Absinken

Tabelle 77:

Mittelwerte der KG bei den Operationen mit und ohne Arbeitsmittel

	Zeit	$\bar{x}$ mit Arb.	$\bar{x}$ ohne Arb.	Diff.	z	Bed.
Unters. 1	7,0 Min.	31,7	22,2	9,5	2,521	s
	4,5 Min.	24,8	17,8	7,0	2,666	ss
Unters. 2	7,0 Min.	33,3	28,2	5,1	2,666	ss
	4,5 Min.	25,1	22,4	2,7	2,395	s

der Leistung erkennen, wobei in der Untersuchung 1 die Differenzen größer sind als in der Untersuchung 2. Der Wilcoxon-Test weist die Leistungsunterschiede zwischen der

Arbeit mit und ohne konkretes Anschauungsmaterial bei der 1. und 2. Untersuchung als signifikant beziehungsweise sehr signifikant aus (Tabelle 77).

Stellt man nun einen Vergleich zwischen den Leistungen der VG und KG an, so sind jetzt auch hier erhebliche Differenzen zwischen beiden Stichproben festzustellen (vgl. Tabelle 78).

Tabelle 78:

Die Leistung der Versuchs- und Kontrollgruppe ohne Anwendung konkreter Arbeitsmittel

	Zeit	VG	KG	Diff.	z	Bed.
Unters. 1	7,0 Min.	35,7	22,2	13,5	2,654	ss
	4,5 Min.	30,9	17,8	13,1	2,874	ss
Unters. 2	7,0 Min.	35,2	28,2	7,0	2,235	s
	4,5 Min.	30,3	22,4	7,9	2,312	s

Die mittlere Leistung der KG liegt in der Untersuchung 1 um 37,8 beziehungsweise 42,4 Prozent unter der mittleren Leistung der VG (Mittelwert VG = 100 Prozent). In der Untersuchung 2 sind die Differenzen mit 19,9 beziehungsweise 26,1 Prozent niedriger. Auch hier unterscheiden sich jedoch die Leistungen beider Gruppen bedeutsam (Wilcoxon - White - Test). In der Untersuchung 1 bestehen sehr bedeutsame Unterschiede zwischen beiden Stichproben.

4.5.1.3. Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung sollte überprüft werden, ob die beiden methodischen Grundsätze

- Arbeitsmittel werden solange verwendet, bis sich der Lernende von sich aus von ihm löst,
- wegen der geringen "Abstraktivität" (BACH) der Sonderschüler muß ein optimaler Sonderschulunterricht eine Anschauung durch alle Sinne ermöglichen

der Forderung der Abstraktionsfähigkeit entgegenstehen.

Während die erste Forderung auch für den Bereich der Grund- und Hauptschule erhoben wird, ist die zweite stellvertretend für andere aus dem Bereich der Sonderschulen genannt, denen der Verfasser bei deren konsequenter Befolgung eine dequalifizierende Wirkung für den Lernenden zuschreibt.

Am Thema "Zahlbereichserweiterung vom Zahlbereich 1 bis 20 auf den Zahlbereich 1 bis 1000" wurde in einem 4- bzw. 5-wöchigem Unterricht zwei Stichproben von 18 bzw. 20 Schülern, jeweils wieder unterteilt in homogene Versuchs- und Kontrollgruppen, die Gelegenheit geboten, mit Hilfe von Arbeitsmitteln (Rechenzug, Cuisenaire - Stäbe) wesentliche Strukturelemente des Positionssystems und der Operation mit demselben bzw. innerhalb desselben zu erfassen. Bei gleichem didaktischem Unterrichtsaufbau und gleicher Unterrichtsdauer unterschied sich die Arbeit der VG von der der KG darin, daß ihr wiederholt und mit stufenweise steigender Anforderung die Gelegenheit geboten wurde

- ausgeführte Handlungen gedanklich zu wiederholen,
- Operationen teilweise vorstellend auszuführen und durch die konkrete Operation zu kontrollieren,
- Operationen vollständig vorstellend auszuführen und durch die konkrete Operation zu überprüfen und
- Operationen vollständig vorstellend auszuführen und das Ergebnis mit dem der Mitschüler zu vergleichen.

Die Schüler der KG hatten natürlich ebenfalls die Möglichkeit - der strukturorientierte Unterricht zwingt in bestimmten Phasen dazu - Operationen zu verinnerlichen und späterhin gedanklich auszuführen. Im Gegensatz zu den Probanden der Versuchsgruppe wurden diese jedoch dazu nicht besonders aufgefordert beziehungsweise angeleitet.

Nach Abschluß der Unterrichtsfolge wurden den Schülern 40 Aufgaben aus dem Zahlbereich 1 bis 1000 vorgelegt, für deren Bewältigung ausreichend Zeit zur Verfügung stand. Die Leistungsmessung wurde jedoch nach 4,5 Minuten beziehungsweise nach 7 Minuten vorgenommen. Zur Bewältigung der Items durfte die KG die Arbeitsmittel heranziehen, die während des Unterrichts gebraucht worden waren, die VG dagegen nicht.

In einer zweiten Überprüfung wurde die KG einen Tag nach der ersten Abschlußüberprüfung dazu aufgefordert, ebenso wie die VG eine Lösung der Items ohne Zuhilfenahme der Arbeitsmittel zu versuchen.

Die Untersuchung erbrachte folgende wesentliche Ergebnisse:

1. Im Verlaufe des 5 (4)-wöchigen Unterrichts waren alle Schüler der VG sowohl in der Untersuchung 1 als auch in der Untersuchung 2 in der Lage, die Operationen vorstellend auszuführen.
2. Im Posttest 1 (7 Minuten, die KG darf die Arbeitsmittel verwenden) liegen die Leistungen der Versuchsgruppe sowohl in der Untersuchung 1 als auch in der Untersuchung 2 über der der KG. Die Leistungsunterschiede sind jedoch nicht bedeutsam.
3. Zieht man die Ergebnisse der Leistungsmessung nach 4,5 Minuten heran, so bestehen in der Untersuchung 1 zwischen der VG und KG bedeutsame Differenzen, in der Untersuchung 2 dagegen nicht.
4. Werden auch die Probanden der KG dazu ermuntert, Lösungen der Items ohne Anwendung der Arbeitsmittel anzustreben, so ist der Leistungsabfall gegenüber der Leistung mit Arbeitsmittel sowohl in der Untersuchung 1 als auch in der Untersuchung 2 bedeutsam beziehungs-

weise sehr bedeutsam. Dies trifft für die Leistungsmessung nach 4,5 Minuten und nach 7 Minuten zu.

Bei der Überprüfung unter gleichen Bedingungen (beide Gruppen ohne Arbeitsmittel) bestehen zwischen der VG und der KG überzufällige ($p < 5$ Prozent) bis weit überzufällige ($p < 1$ Prozent) Unterschiede.

4.5.1.4. Interpretation

Die eben zusammengefaßten Befunde bedürfen noch einer kurzen Erläuterung

1. den allgemeinen Leistungsstand betreffend:

Räumt man für die Einordnung in die Kategorie "Lernziel erreicht" eine maximale Fehlerquote von 5 bis 10 Prozent ein, so überrascht die für einen strukturorientierten Unterricht hohe Quote der Probanden, die die erwünschte Verhaltensänderung nicht erreicht haben.

Selbst dann noch, wenn man bedenkt, daß für das hier in 5(4) Wochen angestrebte Ziel laut Lehrplan zumindest drei bis vier Jahre erforderlich sind, muß der Anteil der Schüler mit guten Leistungen - eine konsequente Anwendung strukturorientierten Unterrichts unter stetiger Beachtung der Lernvoraussetzungen vorausgesetzt - als nicht zufriedenstellend angesehen werden. Eine Analyse der nicht bewältigten Items zeigt jedoch einen relativ geringen Anteil der Fehllösungen gegenüber den Aufgaben, die aus Zeitmangel nicht bewältigt werden konnten. Die Zeitgrenzen von 4,5 und 7 Minuten müssen somit als zu knapp bemessen erachtet werden. Die Kinder beider Gruppen rechneten langsamer als diesursprünglich auf Grund der Voruntersuchung an Grundschulern des vierten Schuljahres angenommen worden war. Bei der Festlegung der Zeitgrenzen war nicht ausreichend beachtet worden, daß jene Grundschüler über einen hohen Grad an Übung hinsichtlich der zu bewältigenden Operationen verfügen, den die überprüften Sonderschüler, die den Inhalt sich eben erst erarbeitet haben, nicht annähernd aufzuweisen vermögen.

Diese Kinder sind zwar in der Lage, den überwiegenden Teil der Items zu lösen, jedoch nicht in der gleichen Zeit wie die Grundschüler.

2. die größere Leistungsdifferenz zwischen VG und KG nach 4,5 Minuten als nach 7 Minuten betreffend:

Die - wie oben festgestellt - zu knappe Bemessung der Zeit trifft in höherem Maße die Probanden der KG als die der VG. Da ein größerer Teil der Probanden der VG die 40 Items bereits vor Ablauf der 7 Minuten bewältigt hatte oder zu bewältigt haben glaubte, verblieb den Kindern der KG einige Zeit, in der ein teilweises Aufholen des Rückstandes möglich war. Diese Situation war nach 4,5 Minuten nicht gegeben, da zu diesem Zeitpunkt lediglich 3 der 9 Schüler der VG in der Untersuchung 1 und 2 der 10 Schüler der VG in der Untersuchung 2 alle Aufgaben gerechnet hatten.

Auf Grund der Erfahrungen während des Unterrichts müssen die zu diesem Zeitpunkt ermittelten Differenzen zwischen der VG und der KG als relativ gering und nicht den Erwartungen entsprechend angesehen werden. Ein Blick auf die Zusammensetzung der Items zeigt jedoch, daß 8 der 40 Items aus dem Grundbereich 1 bis 20 stammen, der vor Beginn der Untersuchung erfaßt sein sollte, wodurch eine Lösung der Items auch für die Probanden der KG ohne die zeitraubende Anwendung der Arbeitsmittel möglich war. Weiterhin liefert der strukturorientierte Unterricht im Strukturvorfeld notwendig die Voraussetzung für eine bessere oder sogar bereits mögliche Bewältigung der Items aus höheren Zahlbereichen. ¹⁾ Hierdurch konnten

¹⁾ Die teilweise über den erarbeiteten Zahlbereich hinausgehenden Anfangsleistungen der leistungsstärkeren Schüler (9 Lösungen und mehr) sind hierdurch ebenso erklärbar, wie die höhere Ausgangsleistung der Probanden der Untersuchung 2 gegenüber der der Probanden der Untersuchung 1. Die Probanden der Untersuchung 2 hatten über einen längeren Zeitraum hinweg die Möglichkeit, strukturorientiert zu lernen, was für die Probanden der Untersuchung 1 nicht der Fall war.

einige der Probanden der Kontrollgruppe selbst Aufgaben aus dem Bereich bis 100 (es sind dies insgesamt 16) ohne Arbeitsmittel bewältigen. Somit treten Leistungsunterschiede zumeist erst ab Item 17 auf, wodurch, betrachtet man die Gesamtleistung beider Gruppen, Leistungs differenzen zwischen diesen nicht in dem Maße auftreten können, wie dies bei einer ausschließlichen Verwendung von Items aus dem Zahlbereich 100 bis 1000 oder bei der Bildung einer Kontrollgruppe aus Probanden, die vorher nicht strukturorientiert unterrichtet wurden, der Fall gewesen wäre.

Schließlich muß in diesem Zusammenhang noch festgestellt werden, daß ein Proband der Kontrollgruppe in der Untersuchung 1 und 2 Probanden der Kontrollgruppe in der Untersuchung 2 in der Lage waren, die vorgelegten Items ohne Anwendung des Arbeitsmittels zu bewältigen. Diese Beobachtung liefert jedoch unseres Erachtens nicht notwendig den Hinweis auf eine selbständige Ablösung der Probanden vom Arbeitsmittel, sie dokumentiert vielmehr den Tatbestand, daß im Strukturvorfeld Lernprozesse vollzogen wurden, die jetzt zur Anwendung gelangen. Ein ähnliches Verhalten ist im gleichen Zeitraum bei nach herkömmlichen Methoden der Sonderschule unterrichteten Kindern kaum zu erwarten.

Im Hinblick auf unser Untersuchungsanliegen können wir feststellen, daß es Sonderschülern gelang, sich von dem konkreten Umgang mit Anschauungsmitteln zu lösen und Operationen vorstellend ausführen zu können. Weiterhin kann wohl ebenso eindeutig der Meinung widersprochen werden, die Ablösung von dem Arbeitsmittel erfolge bei den Lernenden selbständig und brauche daher nicht Gegenstand besonderer Überlegungen der Pädagogen zu sein. Auch der Prozeß der Abstraktion ist ein Lernprozeß, der durch besondere Fördermaßnahmen positiv beeinflußt werden kann.

4.5.2. Vergleichende Untersuchung der Leistung von lernbehinderten Sonderschülern bei der sogenannten schriftlichen und mündlichen Addition und Subtraktion

- Überprüfung der Hypothese 5.2. -

Allgemeine Vorbemerkungen:

Nicht nur in der Schule für Lernbehinderte, sondern auch in der Grundschule ist es üblich, das sogenannte mündliche Rechnen vor dem halbschriftlichen und schriftlichen Rechenverfahren einzuführen. So empfiehlt der "Bildungsplan der Sonderschule für Lernbehinderte" des Landes Hessen (1962) die Einführung der schriftlichen Addition und Subtraktion der Art

$$\begin{array}{r} 12 \\ + 6 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 73 \\ + 2 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 47 \\ - 5 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 64 \\ - 1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 43 \\ - 12 \\ \hline \end{array} \quad 1)$$

erst im fünften Schuljahr, nachdem zuvor bereits Aufgaben der Art

$$54 - 6, \quad 46 + 12 \quad 2)$$

mündlich bewältigt worden waren. Der Bildungsplan des Landes Nordrhein-Westfalen (1973) schlägt die Einführung der schriftlichen Addition und die Subtraktion im 6. Schuljahre, der Bayerische Bildungsplan im 7. Schuljahr vor, nachdem auch hier zuvor gleiche Aufgaben "mündlich" gelöst worden sind.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang der Tatbestand, daß erst mit den schriftlichen Rechenverfahren auch die vertikale Schreibweise eingeführt wird.

1) Operationen ohne Zehnerübergang.
Beispiele dem Hessischen Bildungsplan entnommen, S. 122.

2) Beispiele dem Bildungsplan entnommen (S. 122).

Diese Praxis muß einer zweifachen Kritik unterzogen werden:

1. Das sogenannte schriftliche Rechnen scheint gegenüber dem sogenannten mündlichen Rechnen geringere Anforderungen an den Schüler zu stellen, da es die Gesamtoperation auch optisch in Teiloperationen auflöst und außerdem durch die jeweilige sofortige Notation des Ergebnisses der ausgeführten Teiloperation an die Merkfähigkeit der Schüler geringere Anforderungen stellt. Weiterhin ist ein Verwechseln der Zahlen bei den Teiloperationen beziehungsweise eine falsche Zuordnung der neuen Einheit bei den sogenannten Übergängen nicht in dem Maße möglich wie bei der horizontalen Schreibweise.
2. Die vertikale Schreibweise läßt den Aufbau des Positionssystems besser erkennen.

Im folgenden soll an Hand zweier Untersuchungen überprüft werden, ob die aus den beiden Kritikpunkten abzuleitenden Hypothesen verifiziert werden können:

1. Die schriftlichen Rechenverfahren stellen an die Schüler geringere Anforderungen als die sogenannten mündlichen Verfahren. Selbst angesichts der Überbetonung der mündlichen Verfahren und der relativ späten Einführung der schriftlichen Verfahren muß ein Plus, zumindest jedoch eine ausgeglichene Leistung bei den schriftlichen Verfahren erwartet werden.
2. Die Einführung der schriftlichen Rechenverfahren ist wesentlich früher möglich und geboten als in bisherigen Lehrplänen vorgesehen (vgl. die Hypothese 5.2).

Die erste Hypothese soll mittels einer vergleichenden Untersuchung der Leistung bei dem sogenannten mündlichen und schriftlichen Rechnen überprüft werden. Diese Untersuchung muß an Probanden vom 5. Schuljahr an aufwärts durchgeführt werden. Die Überprüfung der zweiten Hypothese erfordert Probanden, die bisher im Zahlbereich 1 - 20 gerechnet haben und nun zum Operieren im Zahlbereich 1 - 100 beziehungsweise 1 bis 1000 geführt werden sollen.

Über die Durchführung der entsprechenden Untersuchungen soll im folgenden kurz berichtet werden.

- 4.5.2.1. Die Leistungen von Sonderschülern der Klassen 4 bis 9 bei der "mündlichen" und "schriftlichen" Addition und Subtraktion
-

4.5.2.1.1.
Untersuchungsplanung

1. Ziel der Untersuchung:

Überprüfung der oben angeführten Hypothese 1.

2. Stichprobe:

Da die schriftlichen Operationen in der Sonderschule erst im 5. Schuljahr eingeführt werden, kann die vergleichende Untersuchung erst an Schülern von diesem Schuljahr an durchgeführt werden. Im Zusammenhang mit der Untersuchung der allgemeinen arithmetischen Leistung (vgl. Kapitel 4.3.1.), waren Schüler dieses Alters bereits überprüft worden. Um möglichst vielschichtige Vergleiche durchführen zu können, wurden die gleichen Probanden auch für die vorliegende Untersuchung ausgewählt. Überprüft wurden alle Schüler der Sonderschule Rotenburg und Eschwege. Die Schüler der Klassen 4, die die schriftlichen Rechenverfahren noch nicht kennengelernt haben, wurden zur Überprüfung ihrer speziellen Verhaltensweise mit einbezogen. Eine genauere Beschreibung der Stichproben erfolgte auf der Seite 233.

3. Methode der Untersuchung:

Den Schülern wurden Arbeitsblätter mit Items vorgelegt, die die Ausführung der schriftlichen und mündlichen Addition und Subtraktion mit Übergängen forderten:

a) Schriftliche Operationen (Itemgruppe 1)

$$\begin{array}{r} \text{Addition: } 17 \quad 267 \quad 72385 \\ \quad \quad \quad + 8 \quad +534 \quad +38576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Subtraktion:} \quad 25 \quad 801 \quad 110961 \\ \text{(Umkehroperation)} \quad - 8 \quad -534 \quad -38576 \end{array}$$

b) Mündliche Addition und Subtraktion (Itemgruppe 2)

Addition	Subtraktion (Umkehroperation)
38 + 84	122 - 84
73 + 88	161 - 88
429 + 75	504 - 75
646 + 57	703 - 57

Es war zunächst daran gedacht, für die schriftliche und mündliche (vertikale und horizontale Anordnung) Addition/Subtraktion die gleichen Items zu verwenden. Dies ist aus Gründen der Beantwortung weiterer Fragen (Vergleich isomorpher Items in verschiedenen Zahlbereichen) nicht geschehen. Die Items sind so ausgewählt, daß der Schwierigkeitsgrad der Items beider Kategorien angenähert ist. Die Items mit horizontaler Anordnung beginnen mit einem "höheren" Schwierigkeitsgrad, weisen aber eine wesentlich "leichtere" Endstufe auf als die Items in vertikaler Anordnung. Die Itemgruppe 2 (mündliche Operationen) verlangt insgesamt 16 Teiloperationen, die Itemgruppe 1 (schriftliche Operationen) dagegen 18. In einer Voruntersuchung wurden beide Itemgruppen Grundschulern des 3. und 4. Schuljahres zu einer "mündlichen" Berechnung (bei beiden Itemgruppen horizontale Schreibweise) vorgelegt. In der Itemgruppe 2 wurden durchschnittlich 89,7, in der Itemgruppe 1 82,3 Prozent Lösungen erzielt.

4.5.2.1.2. Darstellung der Ergebnisse

In der Tabelle 79 ist der prozentuale Anteil richtiger Lösungen der Probanden einer jeden Klasse (Rotenburg und Eschwege zusammengefaßt) an der Gesamtzahl möglicher Lösungen angegeben. Hierdurch wird ein Vergleich sowohl zwischen den Klassen als auch zwischen den Kategorien möglich.

Tabelle 79:

Lösungen (in %) der Probanden der Klassen 4 bis 9
(Rotenburg und Eschwege)

Klasse	4	5	6	7	8	9
N	27	30	45	30	47	72
Lös. hor. + Lös. vert.+	0,0 2,5	19,2 27,8	36,1 50,4	60,0 66,8	69,2 80,1	79,9 82,9
Differenz "vert. - hor."	+2,5	+8,8	+14,3	+6,8	+10,9	+3,0
Lös. hor. - Lös. vert.-	0,0 1,2	2,5 18,9	13,3 13,3	21,7 23,3	44,7 52,3	54,5 55,1
Differenz "vert.-hor."	+1,2	+16,4	+0,0	+1,6	+7,6	+0,6
ges. hor. ges. vert.	0,0 1,9	10,8 23,3	24,7 31,9	40,8 45,0	56,9 65,3	67,2 69,0
Differenz "vert.-hor."	+1,9	+12,5	+7,2	+4,2	+8,4	+1,8

Es läßt sich zunächst feststellen, daß in allen Operationskategorien die Leistungen von Klasse zu Klasse ansteigen. Lediglich bei der Operation "vertikal" fällt die Klasse 6 in ihrer Leistung hinter die der Klasse 5 zurück. Weiterhin kann - wie bei allen in dieser Arbeit dargestellten Untersuchungen - auch hier beim Vergleich der Leistungen bei der Addition und Subtraktion in allen Klassen sowohl bei der vertikalen als auch bei der horizontalen Anordnung der Items ein deutliches Plus auf seiten der Addition festgestellt werden. Wie später (s. S.375) zu zeigen sein wird, stellt sich der Leistungsunterschied zwischen der Addition und Subtraktion bei der Gesamtstichprobe sowohl bei der vertikalen als auch bei der horizontalen Anordnung der Items als bedeutsam heraus.

Wenden wir uns jedoch der Überprüfung der oben formulierten Hypothese 1 zu.

Wie ein Blick auf die letzte Zeile der obigen Tabelle zeigt, sind in allen Klassen prozentual mehr Items mittels des schriftlichen Rechenverfahrens bewältigt worden als mit Hilfe des sogenannten mündlichen Rechnens. Die Differenzen sind von Klasse zu Klasse unterschiedlich groß, nehmen jedoch nur Werte zwischen 1,8 und 12,5 Prozent an.

Die für das Gesamtergebnis festgestellte Tendenz bleibt erhalten, wenn man die Ergebnisse bei der Addition und bei der Subtraktion getrennt betrachtet. Hierzu haben die Probanden bei der schriftlichen Addition einen sich zwischen 2,5 und 14,3 Prozent bewegenden höheren Lösungsanteil aufzuweisen als bei der mündlichen Addition; bei der Subtraktion schwanken die Differenzen zwischen 0,0 und 16,4 Prozent. Insgesamt läßt sich somit bei allen Klassen ein besseres Abschneiden in den schriftlichen Operationen erkennen, die Unterschiede nehmen jedoch nur teilweise ein Ausmaß an, das rein subjektiv als gravierend zu bezeichnen wäre. Eine erforderliche genauere Überprüfung der statistischen Bedeutsamkeit dieser Differenz ist jedoch bei der hier vorgenommenen Aufgliederung der Gesamtstichprobe nur schwer möglich, da

- die direkte Prüfung der Bedeutsamkeit der Mittelwertsdifferenz mittels des t-Tests wegen der Anormalität der Verteilung
- der parameterfreie Wilcoxon-Test wegen der geringen Streubreite der Ausgangsdaten und der damit verbundenen großen Zahl von Rangplatzteilungen und
- der Vergleich der Differenzen der relativen Lösungshäufigkeiten wegen der Stichprobe nur mit Einschränkungen anwendbar ist.

Lediglich der Test von McNEMAR ließe somit bei einer (groben) Unterscheidung nach den Kategorien "1 bis 4 (1-3) Items gelöst" beziehungsweise "5 bis 8 (4-6) Items gelöst" einen Vergleich der Leistungen in beiden Verfahren zu.

Tabelle 80:

Zahl der Schüler je Klasse, die das Lernziel erreicht, bzw. nicht erreicht beziehungsweise nur teilweise erreicht haben

5 (4) Punkte bei der mündl.(5)/schriftl. (4) Operation	Klasse					
	4	5	6	7	8	9
erreicht/erreicht	0	1	6	5	15	34
erreicht/nicht erreicht	0	-	1	2	8	8
nicht erreicht/erreicht	0	2	3	6	13	9
nicht err./nicht err.	27	27	35	18	11	19

Es bleibt somit als letzter - allerdings auch begehbarer - Weg, durch eine Zusammenfassung der sechs Klassen zu einem größeren N zu gelangen und eine Prüfung der Bedeutsamkeit der Differenz der relativen Lösungshäufigkeiten beider Verfahren durchzuführen. Diese Zusammenfassung der Probanden aller Klassen ist möglich, da die zu prüfende Differenz unabhängig von der Höhe der Durchschnittsleistung ist und weiterhin unsere globale Fragestellung die Einbeziehung unterschiedlicher Leistungsgruppen zuläßt.

Die Gesamtstichprobe (N = 251, alle Schüler der Klassen 4 bis 9 der Schulen ROF und ESW) erzielte in den beiden Rechenverfahren folgende absolute und prozentuale Lösungsanteile:

Verfahren/Operation	mögl. Lös.	Lösungen	Prozent
horiz. +	1004	520	51,8
horiz. -	1004	294	29,4
vert. +	753	447	59,4
vert. -	753	250	31,5
horiz. ges.	2008	814	40,5
vert. ges.	1508	694	46,1

Die schriftlichen Rechenleistungen (vertikal) liegen sowohl in der Gesamtleistung als auch bei der Addition und Subtraktion über den "mündlichen". Nach dem von SACHS vorgeschlagenen Prüfverfahren (vgl. SACHS 1972 , S. 64) lassen sich für folgende Vergleiche diese Ergebnisse ermitteln:

Tabelle 81:

Vergleich der Leistungen der Gesamtstichprobe bei der mündlichen (horiz.) und schriftlichen (vert.) Addition(+) und Subtraktion (-)

Vergleich	P ₁	P ₂	Diff. P ₁ -P ₂	krit.Diff.	Bed.
horiz. ↔ vert.	40,5	46,1	5,6	8,8	n s
horiz.+ ↔ vert.+	51,8	59,8	8,0	8,8	n s
horiz.- ↔ vert.-	29,3	31,5	2,2	8,2	n s
horiz.+ ↔ horiz.-	51,8	29,3	22,5	8,7	s
vert. + ↔ vert. -	59,4	31,5	27,9	8,8	s

Die Prozentdifferenzen zwischen der Gesamtleistung "horizontal" und der Gesamtleistung "vertikal" weisen sich als ebensowenig bedeutsam aus wie diejenigen zwischen beiden Verfahren bei der Addition und Subtraktion. Wir stellen somit fest, daß die Leistungsdifferenzen zwischen den schriftlichen und mündlichen Operationen noch als zufällig erachtet werden können.

Als überzufällig sind dagegen die Differenzen zwischen den Leistungen bei der Addition und Subtraktion innerhalb beider Rechenverfahren anzusehen.

4.5.2.1.3. Interpretation

Das vorliegende Ergebnis, dessen notwendige Einschränkung wegen der Auswahl der Schüler nur zweier Schulen und wegen der nicht vorhandenen Zahlgleichheit der Prüfitems bei den schriftlichen und mündlichen Items hier nochmals betont werden muß, läßt zumindest die Aussage zu, daß die bisherige Entscheidung der Behandlung der mündlichen Operation vor der schriftlichen Operation bei zwei und mehrstelligen Zahlen nicht durch eventuell geringere Anforderungen, die das erste Verfahren an den Schüler stellt, begründet werden kann. Selbst der hohe Übungsvorsprung, den die Schüler in diesen Verfahren haben und die mit der späten Einführung der schriftlichen Verfahren verbundenen Suggestion einer höheren Schwierigkeit haben nicht

zu einer zu erwartenden besseren Leistung bei dem mündlichen Verfahren führen können. Es scheint sich an diesem Beispiel erneut deutlich zu zeigen, daß die subjektiv von den Lehrplan-Planern vorgenommenen Einschätzungen der Anforderungen, die ein Inhalt an den Schüler stellt, nicht den objektiven Gegebenheiten entsprechen und eine optimale Unterrichtsplanung ohne eine exakte Strukturfeld- und -vorfeldanalyse, sowie ohne eine empirische Erforschung der angewandten Lehrmethoden nicht auskommen kann.

4.5.2.2. Ergebnisse der Einführung der "schriftlichen" Addition und Subtraktion im Zahlbereich über 20 vor den entsprechenden "mündlichen" Verfahren

4.5.2.2.1. Vorbemerkungen zur Planung und Einordnung der Untersuchung

In dem vorangegangenen Kapitel war eine geringfügige - statistisch allerdings nicht bedeutsame - bessere Leistung bei den schriftlichen Rechenverfahren ermittelt worden. Die These der besseren Entsprechung von vertikaler Schreibweise und der Struktur des Positionssystems beinhaltet jedoch, daß die Schüler spätestens vom Zeitpunkt der Überschreitung des Zahlbereiches 1 bis 20 an in der Lage sind, "schriftlich" zu rechnen.

In der im Kapitel 4.4.1. dargestellten Untersuchung des Problems "strukturorientiertes Lernen bei Sonderschülern" konnte ermittelt werden, daß diese die Strukturelemente des Positionssystems erfassen und die in unteren Zahlbereichen gewonnenen Erkenntnisse auf höhere Zahlbereiche übertragen können. Bei der Unterrichtung dieser Probanden war bei Operationen mit mehrstelligen Zahlen zunächst die vertikale Schreibweise eingeführt und dann allmählich

zu der den Schülern bekannten horizontalen Schreibweise übergegangen worden. Am Ende der Untersuchungszeit wurden den Probanden die im Kapitel 4.4.1. (S. 264) bereits aufgezeichneten Prüfitems in horizontaler und vertikaler Schreibweise vorgelegt. Hatten wir dort bei der Darstellung der Ergebnisse lediglich die Leistung im mündlichen Rechnen (vertikale Schreibweise) berücksichtigt, so soll nun ein Vergleich der Leistung bei der vertikalen und horizontalen Schreibweise durchgeführt werden.

4.5.2.2.2. Darstellung der Ergebnisse

Die Stichproben Marburg und Großenlinden erzielten in der Abschlußüberprüfung "horizontal" (EL_h) und "vertikal" (EL_v) die in der Tabelle 82 festgehaltenen Gesamtleistungen (absolute und relative Lösungshäufigkeiten). Um eine Einschätzung dieser Endleistungen überhaupt zu ermöglichen, wurden die Leistungen im Prätest (AL) zusätzlich in die Tabelle mit aufgenommen.

Sowohl in der Stichprobe MR als auch in der Stichprobe GL werden bei der vertikalen Anordnung der Items mehr Lösungen erzielt. Der Anteil richtiger Lösungen ist bei der vertikalen Anordnung der Items in der Gruppe MR um 1,1 Prozent, in der Gruppe GL um 12,8 Prozent höher als bei der horizontalen Anordnung. Die Hypothese nicht bestehender Unterschiede zwischen beiden Verfahren muß auf Grund der Befunde durch Wilcoxon - Tests in der Gruppe 1 (MR) beibehalten, in der Gruppe 2 (GL) dagegen verworfen werden. Die Schüler haben in den schriftlichen Verfahren gleich gute (MR) oder gar bessere Ergebnisse (GL) erzielt als im mündlichen Rechnen. Eine Vorverlegung der Einführung der schriftlichen Addition und Subtraktion scheint somit nicht nur möglich, sondern in Anbetracht oben genannter Vorzüge sogar geboten zu sein (Verifizierung der Hypothese 5.2.).

In den Tabellen 82a und 82b sind der Vollständigkeit wegen noch die Ergebnisse der Vergleiche EL_h und EL_v

Tabelle 82

a) Vergleich der Leistungen im Abschlußtest:
horizontal - vertikal

Gesamtleistung	MR (N=13)			GL (N=13)		
	mögl. Lösun- gen	Lösun- gen abso- lut	%	mögl. Lösun- gen	Lösun- gen abso- lut	%
AL	1080	349	32,3	936	195	20,8
EL _h	1080	732	67,8	936	495	52,9
EL _v	1080	744	68,9	936	615	65,7
Diff.EL _h - EL _v		-12	-1,1		-120	-12,8

b) Leistung, untergliedert nach Operationen und
Itemkomplexen

Itemkomplex							
1. Add.		ABC (einst.o.ZÜ)			D (mehrst.o.ZÜ)		
		mögl. Lösun- gen	Lösun- gen absolut	%	mögl. Lösun- gen	Lösun- gen absolut	%
MR	AL	300	174	58,0	105	14	13,3
	EL _h	300	240	80,0	105	74	70,4
	EL _v	300	253	84,3	105	86	81,9
Diff.EL _h -EL _v			-13	-4,3		-12	-11,5
=====							
GL	AL	260	87	33,5	91	6	6,6
	EL _h	260	154	59,2	91	48	52,7
	EL _v	260	196	75,4	91	67	73,6
Diff.EL _h -EL _v			-42	-16,2		-19	-20,9

2. Subtr.							
MR	AL	300	68	22,7	105	21	20,0
	EL _h	300	193	64,3	105	85	81,0
	EL _v	300	200	66,7	105	74	70,5
Diff.EL _h -EL _v			-7	-3,4		+11	+10,5
=====							
GL	AL	260	53	20,4	91	2	2,2
	EL _h	260	177	68,1	91	57	62,6
	EL _v	260	182	70,0	91	81	89,0
Diff.EL _h -EL _v			-5	-1,9		-24	-26,4

bei der Addition und Subtraktion sowie bei den Itemkomplexen ABC (einstelliger Summand /Subtrahend ohne Zehnerübergang) und D (mehrstelliger Summand / Subtrahend ohne Zehnerübergang) gegenübergestellt. Mit Ausnahme der Subtraktion in dem Itemkomplex D der Gruppe MR sind bei allen weiteren Vergleichen die EL_v höher als die EL_h . Als bedeutsam erweisen sich die Differenzen jedoch lediglich in der Gruppe GL, in den Itemkomplexen Addition/ABC (sehr signifikant), Addition /D (signifikant) und Subtraktion /D (sehr signifikant).

4.52.2.3. Interpretation

Die auf Grund des Aufbaus des Lehrplans anzunehmende besondere Schwierigkeit der schriftlichen Additions- und Subtraktionsaufgaben hat sich nicht bestätigt. Es sind vielmehr konträre Tendenzen einer Überlegenheit dieser Verfahren gegenüber den mündlichen Verfahren erkennbar. Diese Tendenzen müssen sich allerdings durch die Untersuchung einer größeren Stichprobe und über einen längeren Zeitraum hinweg zu einem Tatbestand verdichten. Eine unmittelbare Einführung der schriftlichen Addition und Subtraktion vor den mündlichen Verfahren scheint bei der Ausweitung der Zahloperation über den Zahlbereich 1 bis 20 hinaus wegen der hier erkennbaren Tendenzen und wegen der Vorzüge (höhere Strukturorientierung, geringe Beanspruchung der Merkfähigkeit, Unterstützung des Erkennens mathematischer Strukturen) geboten.

4.5.3. Untersuchung des komplexen Erfassens diskreter Mengen in Abhängigkeit von der Anordnung der Elemente

- Überprüfung der Hypothese 5.3 -

4.5.3.1. Planung der Untersuchung

1. Anliegen der Untersuchung

Der Hessische Bildungsplan der Sonderschule für Lernbehinderte empfiehlt auf S. 118: "Der linearen Veranschaulichung ist vor allem auf der Unter- und Mittelstufe der Vorrang zu geben". Im Hinblick auf die oben aufgezeigten Ergebnisse bezüglich des invarianten Verhaltens scheint es durchaus angebracht zu sein, eine solche Empfehlung zu geben und zunächst einmal die Anordnung als Ausgangsanordnung (nur um eine solche kann es sich handeln) zu wählen, bei der die Mächtigkeit einer Menge am besten erfaßt werden kann. Ausgehend von solch einer leichter erfaßbaren Menge kann dann mittels Transformation der Ausgangsanordnung der Elemente der Menge der Prozeß zur Erlangung invarianten Verhaltens einsetzen. Eine solche Empfehlung setzt natürlich voraus, daß bestimmte Anordnungen vor Mengen deren Erfassung stützen oder erschweren können. Des weiteren impliziert der Vorschlag der Hessischen Bildungspläne, daß die lineare Anordnung der Elemente einer Menge diejenige ist, die unter den möglichen und denkbaren den Zugang zum Erfassen der Mächtigkeit einer Menge am ehesten ermöglicht. Was die zunächst genannte Voraussetzung anbelangt, so kann hier auf die Darstellung der Untersuchungsergebnisse zum Problem des invarianten Verhaltens verwiesen werden. Die von den Bildungsplänen implizierte Voraussetzung jedoch ist von derartiger Bedeutung für den Erwerb des Zahlbegriffs und damit für den Lernerfolg im Bereich des Rechen-Mathematik-Unterrichtes überhaupt, daß sie einer genaueren Überprüfung bedarf. Diese genauere Überprüfung wird nicht zuletzt auch deshalb erforderlich, weil sich sowohl bei der Analyse der Forschungsergebnisse

zu anderen Problembereichen als auch in der unterrichtspraktischen Tätigkeit Hinweise auf eine nicht mögliche Verifizierung der Annahme ergeben haben.

Die im folgenden darzustellende Untersuchung soll daher eine bisher in der Schule für Lernbehinderte weitgehend als fraglos dargestellte methodische Maßnahme überprüfen, und darüber hinaus sollen Hinweise auf hemmende beziehungsweise fördernde Anordnungskriterien gewonnen und damit insgesamt ein Beitrag zur Präzisierung der didaktischen Maßnahmen und damit zur Erleichterung grundlegender Lernprozesse geleistet werden. Auf Grund fehlender empirischer Untersuchungsergebnisse zum genannten Problem gehen wir bei unserer Untersuchung daher grundsätzlich von der Arbeitshypothese aus, daß unterschiedliche Anordnungen der Elemente von Mengen die Erfassung ihrer Mächtigkeit nicht beeinflussen.

Im Hinblick auf das Gesamtanliegen der vorliegenden Arbeit bewegen wir uns im Bereich der dritten didaktischen Entscheidungsebene, auf der ebenso wie auf den Ebenen 1 und 2 den Lernprozeß fördernde aber auch hemmende Entscheidungen getroffen werden können. Auch die vorliegende Untersuchung soll einen Beitrag zur Verwirklichung der Bestrebung leisten, bisherige hypothetische Entscheidungen bei der Auswahl der Methoden durch empirisch fundierte Erkenntnisse abzulösen und damit den Rechenunterricht im besonderen durch einen genaueren Kenntnisstand über die Effektivität der einzelnen Methoden besser zu gestalten.

2. Ziele der Untersuchung

1. Hauptziel

Überprüfung der Hypothese 5.3. und damit der Gültigkeit der Empfehlung des Hessischen Lehrplanes (vgl. obige Hypothese).

2. Nebenziele

1. Prüfung der Erfassung der Mächtigkeit von Mengen bei unterschiedlicher Anordnung der Elemente (künftig kurz Darbietungsformen beziehungsweise Anordnungen genannt).

2. Prüfung des Erfassens unterschiedlicher Mächtigkeiten von Mengen bei unterschiedlicher Anordnung der Elemente.
3. Untersuchung des Verhaltens von Grundschulern und Sonderschülern bei der Erfassung von Mächtigkeiten von Mengen.

Folgende weitere Teilziele wurden in die Planung der Untersuchung einbezogen, in der folgenden Ergebnisdarstellung jedoch wegen ihrer für unser Gesamtanliegen sekundären Bedeutung nicht berücksichtigt:

1. Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Mengenerfassen und der Rechenleistung.
2. Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Erfassen diskreter und kontinuierlicher Mengen.
3. Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Mengenerfassen und anderen im Rechenunterricht als wichtig erachteten Grundfähigkeiten.

3. Auswahl der Stichproben

Da in die Sonderschule überwiegend Kinder aufgenommen werden, die bereits zwei Jahre die Grundschule besucht haben (die Hessischen Bildungspläne beginnen zum Beispiel erst mit dem dritten Schuljahr), findet der Anfangsunterricht der Sonderschule meist im dritten und vierten Schuljahr statt. Für die vorliegende Untersuchung wurden daher Kinder ausgewählt, die sich im dritten und vierten Schulbesuchsjahr befinden.

Da weiterhin angenommen werden mußte, daß durch die zweijährige Beschulung der Kinder bestimmte Anordnungen der Elemente im Unterricht bevorzugt wurden, mußte - um einen möglichst repräsentativen Querschnitt der Schüler nach ihrer Vorerfahrung zu erhalten - versucht werden, die Probanden aus möglichst vielen Schulen und möglichst vielen Klassen auszuwählen. Des weiteren war es nicht zuletzt wegen möglicher unterschiedlicher Methoden bei der

Erarbeitung des Zahlbegriffes erforderlich, der aus Sonderschülern gebildeten Stichprobe eine solche aus Grundschülern gegenüberzustellen. Die Tabelle 83 zeigt die Zusammensetzung der Stichproben.

Tabelle 83:

Die Zusammensetzung der Stichprobe

Sonderschulklasse	3	(S ₃)	:	N ₁ = 207	N ₂ = 200
Sonderschulklasse	4	(S ₄)	:	N ₁ = 207	N ₂ = 200
Grundschulklasse	3	(G ₃)	:	N ₁ = 222	N ₂ = 200
Grundschulklasse	4	(G ₄)	:	N ₁ = 224	N ₂ = 200
Gesamtstichprobe				N ₁ = 860	N ₂ = 800

Die 414 Sonderschüler besuchen 17 verschiedene Schulen und 37 verschiedene Klassen (Gruppengröße jeweils 10 bis 15 Schüler), die 446 Grundschüler gehören 16 verschiedenen Schulen und 28 Klassen an. In dieser Zahl sind nicht die 44 Sonderschüler und 62 Grundschüler enthalten, die zur Erprobung der Untersuchungsmethode und Untersuchungsstrategie geprüft worden waren. Eine gelegentliche Reduzierung der Gesamtstichprobe von 860 Probanden (N₁) auf 800 (N₂) ist im Verlaufe der Auswertung im Interesse des besseren Vergleichs der Gruppen und auf Grund der teilweise für ein N von maximal 800 konzipierten Rechenprogramme der "Zentralen Rechenanlage der Philipps-Universität Marburg" erforderlich.

4. Methode der Untersuchung

1. Prüfverfahren

Die Untersuchung basiert auf 64 Items. Diese Items unterscheiden sich durch die Veränderung der Variablen

"Anordnung der Elemente von Mengen" und
 "Mächtigkeit der Mengen".

In der ersten Kategorie sind Items mit gleichmächtigen Mengen in jeweils acht verschiedenen Anordnungen und in der zweiten Items mit gleichen Anordnungen bei achtfach variierenden Mächtigkeiten enthalten. Da es sich hier somit um Gruppen gleichförmiger Item-Modifikationen handelt,

sollte nicht der Begriff Variable, sondern unseres Erachtens präziser der Begriff der "Variablen - Klasse" verwendet werden.

Zwischen den Items besteht somit ein Zusammenhang, der durch folgende Matrix symbolisiert werden kann.

Darbietungsform	M ä c h t i g k e i t e n							
	3	4	5	6	7	8	9	10
1	13	14	15	16	17	18	19	110
2	23	24	25	26	27	28	29	210
3	33	34	35	36	37	38	39	310
4	43	44	45	46	47	48	49	410
5	53	54	55	56	57	58	59	510
6	63	64	65	66	67	68	69	610
7	73	74	75	76	77	78	79	710
8	83	84	85	86	87	88	89	810

Die zuerst genannte Ziffer ist Symbol für die Anordnungsform der Elemente. Die anderen Ziffern sind Symbole für die zu schätzende Mächtigkeit der Menge.

Die Anordnungen sind der Reihe nach wie folgt zu beschreiben:

1. 1 O o = Lineare Anordnung der Elemente (Kreise) bei gegenseitiger Berührung (Abstand = 0)
2. u O m = unregelmäßige Anordnung der Elemente (Kreise); ein Element muß mindestens ein anderes berühren und darf vom zweiten höchstens einen Abstand von $0,5r$ haben,
3. u O o = unregelmäßige Anordnung der Elemente; Kreise haben die gleiche Anordnung wie bei der vorhergehenden Prüfungsreihe jedoch mit einer winkeltgerechten Verzerrung um $0,5r$,
4. D O m = Kreisdoppelreihe mit einem Abstand von $0,5 r$ zwischen den Elementen,
5. D □ m = Quadratdoppelreihe mit einem Abstand von $0,5s$ zwischen den Elementen,

6. D □ o = Quadratdoppelreihen mit einem Abstand von 1 mm zwischen den Elementen,
7. E m = "Negativ - Ergänzungs-Verfahren"; die Umrandung des "Zehnerwagens" ist ganz erkennbar, der Zwischenraum des Negativs nicht,
8. E o = "Negativ - Ergänzungs - Verfahren"; die Zwischenräume ("Regalwände des Waggons") sind erkennbar.

Bei der Auswahl der angeführten Ordnungsformen der Elemente konnte es bei oben genannter Zielsetzung nicht als Aufgabe angesehen werden, alle denkbaren und möglichen Anordnungen in die Überprüfung mit aufzunehmen. Vielmehr wurden in die vorliegende Untersuchungsanordnung die Darbietungsformen aufgenommen, die innerhalb der bisherigen Rechenmethodiken und innerhalb des bisherigen Erstrechenunterrichts besondere Bedeutung erlangt haben. Des weiteren wurden zwei Verfahren (Negativ-Ergänzungs-Verfahren) einer Überprüfung unterzogen. Dieses Negativ-Ergänzungs-Verfahren wurde unseres Erachtens in der Mathematik-Didaktik nicht vertreten, scheint jedoch nach unserer bisherigen Erfahrung über besondere Vorzüge zu verfügen.

Die Variablen-Klasse "Mächtigkeiten von Mengen" - in der obigen Matrix durch die zweiten und dritten Ziffern gekennzeichnet - umfaßt ebenfalls wieder acht Unterklassen, kurz Äquivalenzklassen. Auf die Mächtigkeiten 1 und 2 wurde verzichtet, weil sie den Schüler unter Umständen, mehr als dies sonst schon der Fall ist, zum Zählen verleitet hätten. Die Mächtigkeit 10 bildet in unserer Anordnung die obere Grenze, weil die Zahlbegriffsgewinnung im Erstunterricht die wesentlichste Aufgabe darstellt und diese Zahlbegriffe zunächst einmal an Mengen mit der Zahleigenschaft 1 bis 10 gewonnen werden sollen. Dabei war uns bereits bei der Versuchsplanung bewußt - und dies dokumentierte sich dann auch bei der Voruntersuchung - daß die Schüler im Verlaufe der Überprüfung Kenntnis von der Existenz von Mengen mit einer maximalen Mächtigkeit 10 erhalten. Dies kann wiederum eine mögliche Steigerung

der Leistung der Schüler bei der Äquivalenzklasse 10 zur Folge haben.

Das Untersuchungsmaterial ist im Anhang auf Seite F1 näher beschrieben.

2. Weg der Untersuchung

Um für alle Probanden möglichst gleiche Bedingungen zu schaffen, wurden folgende Maßnahmen getroffen:

1. Die Mengenbilder wurden den Probanden in einem Augenabstand von 35 cm so geboten, daß die Blicklinie senkrecht auf das Blatt fiel (vgl. Anhang S.F2) Dabei war es den Probanden freigestellt, diesen Abstand von sich aus zu verändern.
2. Um Unterschiede zwischen der Dauer der Darbietung und dem Erfassen der Mengen feststellen zu können, wurden je 100 Schülern der Stichproben S_3 , S_4 , G_3 , G_4 die Mengen jeweils drei Sekunden, den übrigen jeweils 1 Sekunde geboten.
3. Die Überprüfung der Probanden erfolgte jeweils einzeln in einem dafür geeigneten Raum, meist im Lehrerzimmer. Dabei wurden die Mengenbilder 1 bis 32 in einer Zahlenfolge jeweils am ersten Untersuchungstag, die Mengenbilder 33 bis 64 am folgenden Tag dargeboten. Als Untersuchungszeit wurden zumeist die ersten drei Unterrichtsstunden gewählt, um die Bedingung für alle Schüler möglichst gleichzuhalten.

Da insgesamt neun Versuchsleiter die Untersuchung durchführten, mußten diese jeweils gesondert in die Methode und die sie tangierenden Fragen eingeführt werden. Dies geschah ausführlichst innerhalb der wöchentlich planmäßig durchgeführten und der häufigeren zusätzlichen Sitzungen der Projektgruppen "Mathematik" an der Studiengangseinheit Heil- und Sonderpädagogik der Philipps-Universität Marburg, die vom Verfasser geleitet wurden.

4.5.3.2. Darstellung der Ergebnisse

4.5.3.2.1. Die Bedeutung der Darbietungsformen für das Erfassen der Mächtigkeit von Mengen

1. Die Leistung der Gesamtstichprobe bei den verschiedenen Darbietungsformen

Addiert man die Lösungen je Darbietungsform auf, so erzielten 800 Schüler ¹⁾ bei je acht möglichen Lösungen, die in folgender Tabelle 84 aufgezeigten durchschnittlichen Lösungshäufigkeiten.

Tabelle 84:

Die mittlere Leistung und der relative Anteil richtiger Lösungen der Gesamtstichprobe bei den acht Darbietungsformen (N = 800)

Darbietungsform	$\bar{x}$ 8mögl.Lös.	s	%-Anteil richt.Lös.
1.Ergänzungsverfahren mit Abst. (E.m)	7,39	1,08	92,4
2.Ergänzungsverfahren ohne Abst.(E.o.)	7,13	1,39	89,1
3.Doppelreihe Quadrate mit Abst.(D□m)	7,03	1,24	87,9
4.Doppelreihe Kreise mit Abst. (D○m)	6,92	1,34	86,5
5.Doppelreihe Quadr. ohne Abst. (D□o)	6,84	1,34	85,5
6.Ungeordn.Kreise mit Abst. (u○m)	5,88	1,57	73,5
7.Ungeordn.Kreise ohne Abst. (u○o)	5,74	1,69	71,6
8.Linear geordn.Kreise ohne Abst.(l○o)	5,04	1,77	63,0
Darbietungen 1 bis 8	51,95	8,33	81,2

Die Schüler trafen bei insgesamt 64 möglichen Lösungen durchschnittlich 52,2 (=81,2 %) richtige Entscheidungen. Diese Leistung liegt weit über der, die man auf Grund der teilweise empirisch nicht belegten Aussage verschiedener Autoren erwartet hätte.

¹⁾ Da die Probanden aller vier Stichproben bei der unterschiedlichen Darbietungszeit der Mengenbilder gleichartige Leistungsveränderungen zeigten und genau die Hälfte der Probanden einer jeden Stichprobe gleichen Versuchsbedingungen ausgesetzt war, können wir im folgenden die beiden Untergruppen unberücksichtigt lassen.

Die Aufgliederung der Gesamtleistung in die bei den einzelnen Darbietungsformen erzielten Teilleistungen zeigt bei allen Modifikationen der Darbietung einen Lösungsanteil von über 60 Prozent. Das Ergänzungsverfahren "E.m." liegt mit 92,4 Prozent an der Spitze der Rangfolge der Effektivität, die linear geordneten Kreise nehmen mit 63,0 Prozent den letzten Rang ein. Es besteht also eine maximale Differenz der Lösungsanteile der einzelnen Darbietungsformen von 29,6 Prozent. Wir formulieren die Nullhypothese, daß zwischen den verschiedenen Anordnungen keine überzufälligen Unterschiede bestehen. Da sich die Lösungshäufigkeiten der einzelnen Schüler nicht normal verteilen - es besteht jeweils eine angenäherte "j-Verteilung" -, wenden wir zur Überprüfung der Bedeutsamkeit bestehender Unterschiede zwischen der Effektivität der Darbietungsformen den parameterfreien Wilcoxon-Test an.

Tabelle 85:

Prüfung der Unterschiede zwischen den einzelnen Darbietungsformen (Wilcoxon-Test)

Darbie- tungsform ↓	→	2	3	4	5	6	7	8
1		ss	ss	ss	ss	ss	ss	ss
2			ss	ss	ss	ss	ss	ss
3				ss	ss	ss	ss	ss
4					ns	ss	ss	ss
5						ss	ss	ss
6							s	ss
7								ss

Alle Darbietungsformen, die in der aufgezeigten Effektivitätsrangliste keine benachbarten Plätze einnehmen, unterscheiden sich höchst signifikant. Bei den in der Rangliste benachbarten Darbietungsformen ist lediglich bei einem Vergleich der Darbietungen 4 und 5 eine nicht bedeutsame Differenz im Verhalten der Schüler festzustellen. Bei den Darbietungen 6 und 7 ist eine Aussage über bestehende

Differenzen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 5$ Prozent behaftet. Bei allen übrigen Vergleichen ergeben sich Irrtumswahrscheinlichkeiten von $p < 1$ Prozent.

Durch die besondere Versuchsanordnung ist es nun möglich, nicht nur Aussagen über die Effektivität der einzelnen Anordnungen zu machen, sondern auch über die Wirkungsweise der Modifikationen. Sie sind in der Tabelle 86 aufgezeigt:

Tabelle 86:

Die Wirkung der verschiedenen Variablen; Gegenüberstellung spezieller Darbietungsformen

Variable	Vergleich	Bed. Wilc.-T.
1. Form der Elemente	$D \square m (3) : D \bigcirc m (4)$	ss
2. Abstand zwischen den Elementen	$D \square m (3) : D \square o (5)$	ss
	$u \bigcirc m (6) : u \bigcirc o (7)$	s
3. geordn./ungeordnet	$D \bigcirc m (4) : u \bigcirc m (6)$	ss
	$D \square o (5) : u \bigcirc o (7)$	ss
4. einf./dopp.Reihe	$D \square o (5) : 1 \bigcirc o (8)$	ss

Es läßt sich folgendes feststellen:

1. Bei Doppelreihen beeinflußt die Form der Elemente das Schätzen der Mächtigkeit der Menge: die "Quadrat-Doppelreihe" wird besser erfaßt.
2. Die Doppelreihe ist gegenüber der linearen Anordnung der Elemente leichter erfaßbar.
3. Zu Doppelreihen geordnete Mengen werden besser erfaßt als ungeordnete Mengen.
4. Es besteht die Tendenz, daß Mengen mit 0,5s (Seitenlänge/Radius) Abstand zwischen den Elementen besser geschätzt werden können als Mengen ohne Abstand der Elemente.

5. Von den Eigenschaften

quadratisch geordnet	-	rund geordnet
0,5s Abstand	-	ohne Abstand
Doppelreihe geordnet	-	linear geordnet
ungeordnet (kompakt)	-	linear geordnet

scheint jeweils die erste Eigenschaft das Abschätzen der Mächtigkeit einer Menge zu begünstigen. Eine Anordnung, die alle vier Eigenschaften enthält, müßte somit als die effektivste, diejenige, die keine der vier Eigenschaften aufweist, die ineffektivste sein.

Die vorliegende Untersuchung bestätigt diese Vermutung, wie dies die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle 87:

Eigenschaftstabelle der verschiedenen Anordnungen und deren Effektivität

Anordnung	quadrat.	Abstand	Doppelr. (Komp.)	Lös.in%
3 - D □ m	+	+	+	87,9
4 - D ○ m	-	+	+	86,5
5 - D □ o	-	-	+	85,5
6 - u ○ m	-	+	-	73,5
7 - u ○ o	-	-	- (+)	71,6
8 - l ○ o	-	-	- (-)	63,0

Diese Tabelle weist Tendenzen auf, die zu einer weiteren Forschung in diesem Bereich ermutigen sollten. Eine Aussage über die spezifische Stärkung der Wirkung der hier aufgezeigten Anordnungseigenschaften ist auf Grund der vorliegenden Untersuchung nicht möglich. So ist zum Beispiel keine Information darüber zu erhalten, ob die Form des Elements über den Abstand dominiert oder nicht. Eine solche Fragestellung war jedoch von Beginn an nicht impliziert. Der vorliegende Befund stellte ein - unseres Erachtens allerdings bedeutsames - Nebenprodukt des eigentlichen Untersuchungsanliegens dar, das in der Überprüfung der

Hypothese 5.3. bestand. Für die Gesamtstichprobe muß in diesem Zusammenhang eindeutig festgestellt werden, daß die lineare Anordnung der Elemente der Menge der Erfassung der Mächtigkeit dieser Menge entgegensteht.

Da jedoch diese Empfehlung für Sonderschulen ausgesprochen wurde, ist es denkbar, daß sich Sonderschüler anders verhalten als Grundschüler. Dies soll nun bei einer gesonderten Analyse der Ergebnisse der verschiedenen Stichproben überprüft werden.

2. Die Leistung der Teilstichproben S_3, S_4, G_3 und G_4 beim Erfassen der Mächtigkeit von Mengen mit unterschiedlicher Anordnung der Elemente.

1. Gesamtleistung der vier Stichproben

Die Probanden der vier Stichproben erzielten in 64 Items folgende mittlere Lösungshäufigkeiten:

Tabelle 88:

Die durchschnittlichen absoluten und relativen Lösungshäufigkeiten der Stichproben S_3, S_4, G_3, G_4 bei 64 Items

Stichprobe	N	Mittelwert	Streuung	Anteil der Lösungen (%)
S_3	207	48,40	8,72	75,6
S_4	207	49,86	8,07	77,9
G_3	222	54,35	7,34	84,9
G_4	224	55,95	6,62	87,4

Der Anteil der Lösungen steigt von S_3 über S_4 und G_3 nach G_4 an. Dabei unterscheiden sich die Leistungen der beiden Sonderschulstichproben (2,3 Prozent höherer Lösungsanteil von S_4 gegenüber S_3) und Grundschulstichproben (2,5 Prozent) geringer voneinander, als dies bei einem Vergleich der entsprechenden Klassen beider Schulformen festzustellen ist. G_3 übertrifft S_3 mit einen um 9,3 Prozent höheren Lösungsanteil an der Gesamtzahl

der Versuche und G_4 die Stichprobe S_4 um 9,5 Prozent. Selbst die Leistungsdifferenz zwischen S_4 und G_3 übertrifft mit 7,0 Prozent die zuerst genannten Differenzen zwischen den Klassen gleicher Schulformen. Um gesicherte Aussagen über die Zufälligkeit oder Überzufälligkeit der zwischen den Stichproben bestehenden Differenzen treffen zu können, war der Einsatz von varianzanalytischen Prüfverfahren geplant. Wie Tabelle 89 zeigt, ist jedoch die hierfür geforderte Normalität der Verteilung bei drei der vier Stichproben selbst bei einer auf $p = 1\%$ festgelegten Signifikanzschranke nicht vorhanden.

Tabelle 89:

Prüfung der Verteilung der Stichproben S_3 , S_4 , G_3 , G_4 auf Normalität

Stichprobe	N	χ^2	p (%)	Ergebnis
S_3	207	21,52	4,3	normal
S_4	207	29,60	0,3	nicht normal
G_3	222	117,46	0,0	nicht normal
G_4	224	164,05	0,0	nicht normal

Das Prüfverfahren von Mann-Whitney liefert für die Vergleiche zwischen den Stichproben folgende p - Werte:

Tabelle 90:

Ergebnis des Mann-Whitney-Tests beim Vergleich der Gesamtleistung der vier Stichproben

Vergleich	p	Bedeutsamkeit
S_3 — S_4	7,3	nicht signifikant
G_3 — G_4	2,0	signifikant
S_3 — G_3	0,0	sehr signifikant
S_4 — G_4	0,0	sehr signifikant

Die Gesamtleistungen beider Sonderschulklassen unterscheiden sich von denen der entsprechenden Grundschulklassen höchst signifikant, die der Grundschulklasse 3 von der der Grundschulklasse 4 signifikant.

Aufgrund der hier festgestellten Differenzen ist es denkbar, daß die verschiedenen Teilstichproben auch bei verschiedenen Anordnungen unterschiedlich reagieren. Im folgenden soll daher für jede Teilstichprobe gesondert der Einfluß der acht Darbietungen auf das Mengenerfassen der Schüler dargestellt werden.

2. Die Leistung der vier Stichproben bei den acht Darbietungsformen

1. Vergleich der Leistungen innerhalb der Stichproben

In der Tabelle 91 auf der folgenden Seite sind die mittleren Leistungen der vier Stichproben in den einzelnen Darbietungsformen zusammengestellt. Dabei sind die Darbietungsformen in der Effektivitätsrangfolge der obigen "Gesamtstichprobe" (vgl. S.387) benannt, wodurch einmal eine gleichbleibende Kennzeichnung der Anordnungen erreicht und zum anderen ein besserer Vergleich der Leistungen der vier Stichproben ermöglicht werden soll. Ein solcher - zunächst recht oberflächlicher - Vergleich zeigt mit Ausnahme des Rangplatztausches der Darbietung 4 und 5 bei der Stichprobe S_4 eine volle Übereinstimmung der Effektivitätsrangfolge der Darbietungsform der vier Stichproben mit dem obigen Gesamtergebnis und somit auch eine fast völlige Konkordanz untereinander. Trotz der oben festgestellten Unterschiede in der Gesamtleistung der vier Stichproben hat die reduzierte Gesamtleistung etwa von S_3 gegenüber G_4 keine Änderung der Effektivitätsrangfolge der Anordnungen zur Folge. Dies läßt vermuten, daß von der Minderung der Leistung alle Darbietungsformen weitgehend gleichermaßen betroffen werden.

Tabelle 91:

Mittelwerte und Streuungen der Stichproben S_3 , S_4
 G_3 und G_4 in den Anordnungen 1 bis 8

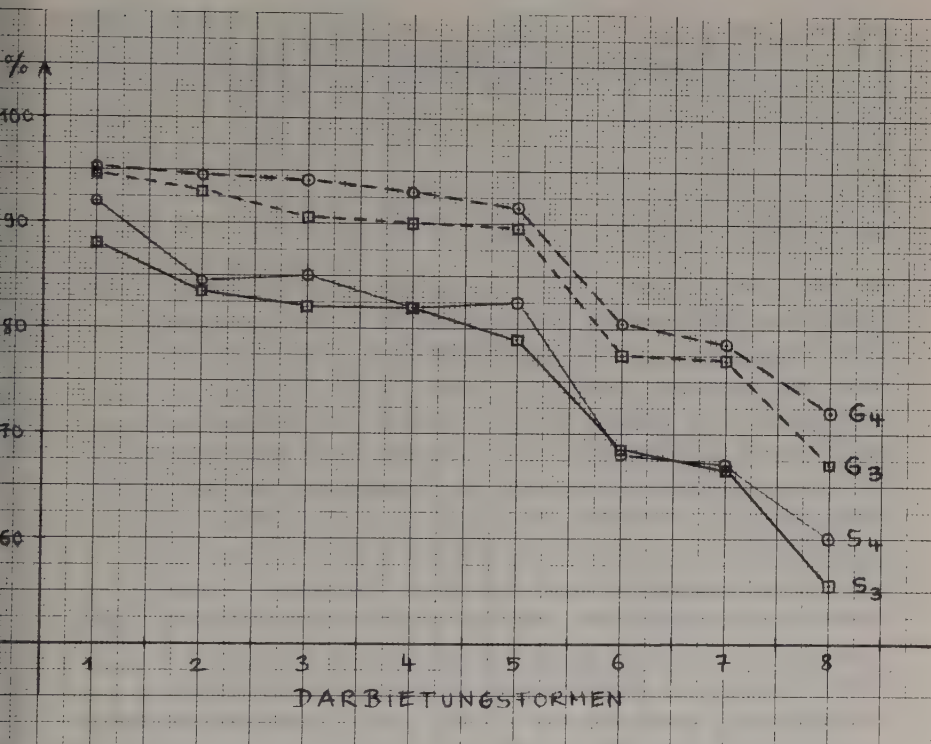
Anord- nung	S_3			S_4		
	$\bar{x}$ (8 mögl.Lös.)	s	%-Lös.	$\bar{x}$	s	%
1	7,03	1,43	87,9	7,37	0,99	92,1
2	6,69	1,58	83,6	6,91	1,52	84,6
3	6,57	1,38	82,1	6,81	1,34	85,1
4	6,55	1,44	81,9	6,57	1,54	82,1
5	6,31	1,47	78,9	6,60	1,47	82,5
6	5,47	1,55	68,4	5,45	1,55	68,1
7	5,33	1,68	66,6	5,35	1,65	66,9
8	4,44	1,53	55,5	4,78	1,69	59,8

Anord- nung	G_3			G_4		
	$\bar{x}$	s	%	$\bar{x}$	s	%
1	7,59	0,81	94,9	7,62	0,87	95,3
2	7,44	1,14	93,0	7,56	0,97	94,5
3	7,25	1,03	90,6	7,52	0,87	94,0
4	7,20	1,08	90,0	7,43	0,94	92,9
5	7,15	1,10	89,4	7,33	0,99	91,6
6	6,21	1,59	77,6	6,46	1,40	80,6
7	6,17	1,04	77,1	6,29	1,60	78,6
8	5,34	1,83	66,8	5,74	1,76	71,8

Eine erste - wenn auch nur grobe - Bestätigung des weitgehend gleichmäßigen Verlaufs der Leistungskurve bei unterschiedlichem Niveau liefert die nachfolgende Abbildung 11.

Abbildung 11

Mittlere Leistung der vier Stichproben
 S_3 , S_4 , G_3 , G_4 bei den einzelnen Darbietungsformen ($N = 4 \times 200$)



Sie verdeutlicht eine beinahe ungewöhnlich anmutende Übereinstimmung der Kurven. Diese weisen für alle Stichproben einen deutlichen Leistungsabfall zwischen den Anordnungen 5 (Doppelreihe /ohne Abstand) und 6 (ungeordnete Kreise mit Abstand) sowie zwischen den Anordnungen 7 (ungeordnete Kreise ohne Abstand) und 8 (linear geordnete Kreise ohne Abstand) auf. Diese bei allen vier Stichproben deutlich erkennbaren Differenzen zwischen den genannten Anordnungen kommen auch in der Tabelle 92 zum Ausdruck .

Tabelle 92:

Differenzen der Lösungsanteile von in der Effektivitätsrangliste benachbarten Anordnungen
(200 x 8 Lösungen = 100 %)

		A n o r d n u n g e n								
		1 ↔ 2	2 ↔ 3	3 ↔ 4	4 ↔ 5	5 ↔ 6	6 ↔ 7	7 ↔ 8	1 ↔ 8	
Diffe- ren- zen	S ₃	4	2	0	3	11	2	11	32	
	S ₄	6	1	3	0	14	1	7	32	
	G ₃	2	2	1	1	12	1	10	28	
	G ₄	1	1	1	1	11	2	7	24	

In ihr sind Unterschiede zwischen den in der Effektivitätsrangfolge benachbarten Anordnungen in Prozent (gemessen jeweils an der Zahl möglicher Lösungen) dargestellt. Die ermittelten Differenzen überschreiten den Wert 3 lediglich beim Vergleich der Leistung innerhalb der Stichproben S₄ und S₃ in den Anordnungen 1 und 2. Beim Vergleich der Anordnungen 5 und 6 dagegen sind für alle Stichproben Differenzen von $D > 10\%$ und bei den Anordnungen 7 und 8 Unterschiede von $D > 6\%$ festzustellen. Die hier festgestellten numerischen Differenzen berechnen jedoch noch nicht zur Ablehnung unserer zu formulierenden H₀, die nicht bestehende Unterschiede zwischen den benachbarten Anordnungen innerhalb der Stichproben annimmt. Auf Grund der wiederum für alle Stichproben bei allen Darbietungen festzustellenden fehlenden Normalität der Verteilung setzen wir den Wilcoxon - Test zur Prüfung unserer Nullhypothese ein. In der folgenden Tabelle 93 sind die signifikanten Differenzen zwischen den Anordnungen für alle Stichproben aufgezeigt. Der besseren Übersicht wegen wurde auf einen Abdruck der T-Werte verzichtet.

Tabelle 93

Ergebnisse des Vergleichs der in der Effektivitätsrangliste benachbarten Anordnungen (Wilcoxon - Test)

Vergleich der Anord- nungen	S_3		S_4		G_3		G_4	
	p	Bed.	p	Bed.	p	Bed.	p	Bed.
1 - 2	0,1	ss	0,0	ss	10,0	-	42,4	-
2 - 3	17,5	-	22,3	-	1,3	s	46,8	-
3 - 4	78,6	-	3,0	s	51,0	-	10,3	-
4 - 5	1,7	s	84,7	-	44,9	-	24,5	-
5 - 6	0,0	ss	0,0	ss	0,0	ss	0,0	ss
6 - 7	17,1	-	35,8	-	58,5	-	6,7	-
7 - 8	0,0	ss	0,0	ss	0,0	ss	0,0	ss

Bei Vergleichen von in der Effektivitätsrangliste benachbarten Anordnungen weisen mit Ausnahme von Anordnungen 1 und 2, wo für beide Sonderschulgruppen höchst signifikante, für die Grundschulgruppen dagegen nur zufällige Differenzen bestehen, alle Gruppen weitgehend gleichförmige Leistungsunterschiede auf. Ausnahmen stellen lediglich das "Negativ-Ergänzungsverfahren" (Anordnung 2), das sich von der Quadrat-Doppelreihe mit Abstand (Anordnung 3) bei der Stichprobe G_3 , die Quadrat-Doppelreihe mit Abstand (Anordnung 3), die sich von der Kreis-Doppelreihe mit Abstand (Anordnung 4) bei der Stichprobe S_4 und die Kreis-Doppelreihe mit Abstand (Anordnung 4), die sich von der Quadrat-Doppelreihe ohne Abstand bei der Stichprobe S_3 signifikant unterscheidet, dar.

Ergänzend läßt sich zunächst hinzufügen, daß von 84 Vergleichen nicht benachbarter Anordnungen sich nur drei Differenzen als zufällig darstellen, 74 Aussagen über bestehende Differenzen sind sogar auf dem 0,1%-Niveau abgesichert. Die etwas schwächeren Absicherungen betreffen bei allen vier Stichproben die Vergleiche der Anordnungen 2 und 4 sowie der Anordnungen 3 und 5. Lediglich die Gruppe G_4 weist zusätzlich bei Vergleichen der Darbietungen 1 und 3 keine bedeutsamen Unterschiede und bei den Anordnungen 1 und 4 eine nur auf dem 5%-Niveau abgesicherte Differenz auf.

Im Hinblick auf unser Untersuchungsanliegen stellen wir zusammenfassend zwei wesentliche Ergebnisse fest: Die von den Hessischen Bildungsplänen empfohlene lineare Anordnung der Elemente bewirkt nicht nur bei Sonderschülern die größten Schwierigkeiten beim Erfassen der Mächtigkeit der so dargestellten Menge, sondern auch bei Grundschülern. Das Ergänzungsverfahren, das gerade bei Sonderschülern sich allen anderen Anordnungen gegenüber überlegen zeigt, hat bisher in der Unterrichtspraxis kaum Bedeutung erlangt, wurde aber vom Verfasser mittels des "Rechenzuges" (vgl. S.E1) in der Unterrichtspraxis erfolgreich angewandt.

2. Vergleich der Leistungen zwischen den Stichproben

Die bisherige - statistisch abgesicherte - Feststellung bestehender Differenzen zwischen der Gesamtleistung der Sonderschulstichproben und der Grundschulstichproben sowie die Feststellung eines weitgehend gleichförmigen Verlaufs der Leistungskurve aller vier Stichproben lassen jedoch noch keine Aussagen über bestehende Differenzen zwischen den einzelnen Stichproben bei den verschiedenen Anordnungen zu.

Zur besseren Vergegenwärtigung der mittleren Leistungen der Stichproben bei den verschiedenen Darbietungen sei hier zunächst nochmals auf die Tabelle 91 verwiesen. Wir gehen wiederum von der Annahme nicht bestehender Unterschiede zwischen den Stichproben bei den einzelnen Anordnungen aus. In der folgenden Tabelle 94 sind die Ergebnisse der Prüfung der diese Annahme beinhaltenden H_0 aufgeführt. Als Prüfverfahren für die nicht normal verteilten unabhängigen Ausgangsdaten wurde der Mann - Whitney - Test eingesetzt.

Tabelle 94

Ergebnisse der Überprüfung der Leistungsunterschiede zwischen S_3 , S_4 , G_3 und G_4 bei den Darbietungsformen 1 - 8 (Prüfverfahren: Mann-Whitney-Test)

Darbietungsform	V E R G L E I C H E							
	$S_3 : S_4$		$G_3 : G_4$		$S_3 : G_3$		$S_4 : G_4$	
	p	Bed.	p	Bed.	p	Bed.	p	Bed.
1	2,7	s	25,6		0,0	ss	0,0	ss
2	4,4	s	29,3		0,0	ss	0,0	ss
3	5,4		0,3	ss	0,0	ss	0,0	ss
4	63,4		1,7	s	0,0	ss	0,0	ss
5	1,8	s	8,3		0,0	ss	0,0	ss
6	91,0		14,5		0,0	ss	0,0	ss
7	83,4		42,9		0,0	ss	0,0	ss
8	3,4	s	2,0	s	0,0	ss	0,0	ss

Die oben festgestellten geringeren Differenzen zwischen den Stichproben gleicher Schulform als zwischen den entsprechenden Stichproben unterschiedlicher Schulform werden durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt. So sind die Gruppen S_3 und G_3 sowie S_4 und G_4 bezüglich ihrer Leistung in allen Darbietungsformen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,1\%$ als unterschiedlich anzusehen. Hinsichtlich der beim Vergleich der Gesamtleistung zwischen S_3 und S_4 ermittelten zufälligen ($p = 7,8\%$) und zwischen G_3 und G_4 aufgezeigten überzufälligen Unterschiede können nun jedoch genauere Aussagen gemacht werden. So sind die Leistungen der Stichproben S_3 und S_4 bei den Anordnungen 1, 2, 5 und 8 signifikant unterschiedlich und die der Stichproben G_3 und G_4 weisen entgegen der Gesamtleistung in den Anordnungen 1, 2, 5, 6 und 7 keine bedeutsamen Differenzen auf.

War bisher das Verhalten der Probanden bei Darbietung von Mengen mit unterschiedlicher Anordnung der Elemente überprüft worden, so soll im folgenden die Bedeutung der Mächtigkeit der Menge für deren komplexes Erfassen näher untersucht werden.

4.5.3.2.2. Die Leistung der vier Stichproben beim Erfassen von Mengen unterschiedlicher Mächtigkeit

Die Stichproben S_3 ($N = 207$), S_4 ($N = 207$), G_3 ($N = 222$) und G_4 ($N = 224$) erzielten bei den acht Mächtigkeiten die in der Tabelle 95 festgehaltenen mittleren Leistungen und Prozentanteile der Lösungen an der Gesamtzahl möglicher Lösungen ($N \times 8$ Lösungen = 100 %). Die in der Tabelle aufgezeigten Werte sind zu einem besseren optischen Vergleich der Leistungen sowohl innerhalb als auch zwischen den Stichproben zusätzlich in der Abbildung 12 aufgezeigt.

Abbildung 12:

Die mittlere Leistung der vier Stichproben beim Erfassen der Mächtigkeiten 3 bis 10

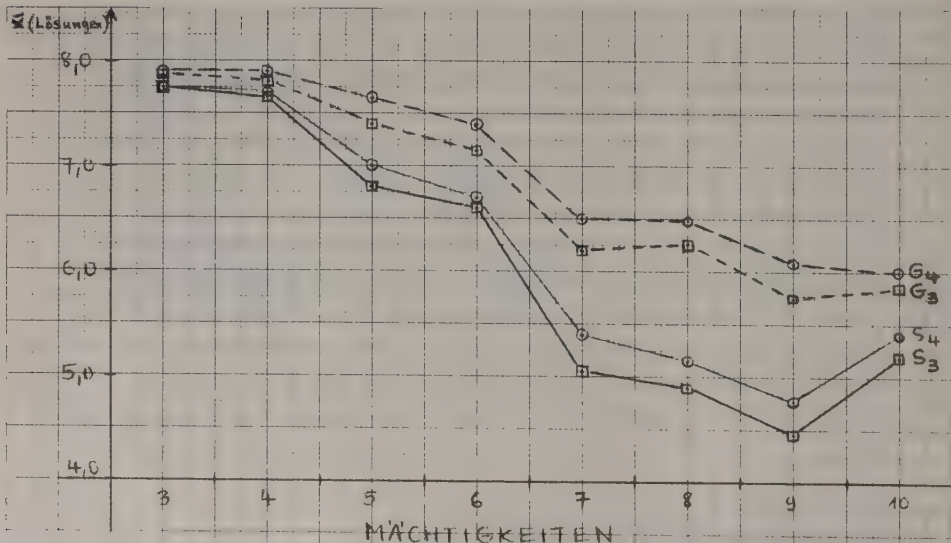


Tabelle 95:

Mittelwerte, Streuungen und Verteilungsform der Lösungshäufigkeiten der Stichproben S_3 , S_4 , G_3 und G_4 bei den Mächtigkeiten 3 bis 10

Stichprobe	Mächtigkeit	$\bar{x}$ (8 mögl. Lös.)	s	Lös. in %	Prüf. auf Normalvert.	
					p	Bef.
S_3	3	7,77	0,57	97,1	0,0	n.n.
	4	7,64	0,74	95,5	0,0	n.n.
	5	6,81	1,39	85,1	0,0	n.n.
	6	6,60	1,49	82,5	0,0	n.n.
	7	5,05	1,99	63,1	0,0	n.n.
	8	4,87	2,06	60,9	0,0	n.n.
	9	4,47	1,87	55,9	0,0	n.n.
	10	5,19	1,84	64,9	0,0	n.n.
S_4	3	7,77	0,62	97,1	0,0	n.n.
	4	7,68	0,76	96,0	0,0	n.n.
	5	6,99	1,34	87,4	0,0	n.n.
	6	6,72	1,38	84,0	0,0	n.n.
	7	5,42	1,91	67,8	0,0	n.n.
	8	5,14	1,88	64,3	0,0	n.n.
	9	4,77	1,76	59,6	0,0	n.n.
	10	5,38	1,62	67,3	0,0	n.n.
G_3	3	7,87	0,41	98,4	0,0	n.n.
	4	7,81	0,43	97,6	0,0	n.n.
	5	7,42	1,06	92,8	0,0	n.n.
	6	7,14	1,19	89,3	0,0	n.n.
	7	6,23	1,87	77,9	0,0	n.n.
	8	6,28	1,49	78,5	0,0	n.n.
	9	5,77	1,80	72,1	0,0	n.n.
	10	5,85	1,72	73,1	0,0	n.n.
G_4	3	7,91	0,30	98,9	0,0	n.n.
	4	7,89	0,38	96,6	0,0	n.n.
	5	7,64	0,66	95,5	0,0	n.n.
	6	7,40	0,89	92,5	0,0	n.n.
	7	6,53	1,54	81,6	0,0	n.n.
	8	6,48	1,57	81,0	0,0	n.n.
	9	6,08	1,69	76,0	0,0	n.n.
	10	6,02	1,65	75,3	0,0	n.n.

Diese Abbildung läßt deutlich erkennen, daß bei allen Stichproben die Leistung von Mächtigkeit zu Mächtigkeit sinkt. Lediglich bei der Mächtigkeit 10 steigen die Lösungsanteile der Stichproben G_3 , S_4 und S_3 sowie bei der Mächtigkeit 8 die der Stichprobe G_3 wieder an. Die Leistungskurven der vier Stichproben zeigen einen ähnlichen Verlauf, die der Stichproben G_3 und G_4 sind allerdings schwächer ausgeprägt. Die Kurven der Stichproben G_3 und G_4 sowie der Stichproben S_3 und S_4 verlaufen weitgehend parallel. Bei allen Mächtigkeiten ist die konstante Leistungsrangfolge G_4 , G_3 , S_4 und S_3 festzustellen, nur bei der Mächtigkeit 3 haben S_3 und S_4 den gleichen Mittelwert aufzuweisen.

Die Leistungsdifferenz zwischen den Stichproben ist bei der Mächtigkeit 3 am geringsten; sie wird mit steigender Mächtigkeit größer und weist bei den Mächtigkeiten 7, 8 und 9 die größten Spannen auf.

Die Leistungsminderung ist bei allen Stichproben zwischen den Mächtigkeiten 6 und 7 am größten. Sie beträgt bei S_3 19,4, S_4 16,2, G_3 11,4 und G_4 10,9 Prozent.

Insgesamt fällt die Leistung von 3 nach 6 wesentlich schwächer ab, als von 6 nach 9. Für die Stichproben ergeben sich folgende Minderungen der Lösungsanteile, wobei der erste Wert jeweils die Differenz zwischen den Mächtigkeiten 3 und 6, der zweite Wert die Differenzen zwischen den Mächtigkeiten 6 und 9, der dritte Wert den Quotienten aus der Differenz 7 bis 9 und der Differenz 3 bis 6 darstellt:

S_3	:	14,6 / 26,6	- 1,82
S_4	:	13,1 / 24,4	- 1,86
G_3	:	9,1 / 17,2	- 1,89
G_4	:	6,4 / 16,5	- 2,58

Gemessen an dem Leistungsabfall bei den Mächtigkeiten 3 bis 6 verdoppelt sich dieser bei den Mächtigkeiten 6 bis 9 bei den Stichproben S_3 , S_4 und G_3 - bei der Stichprobe G_4 ist er sogar 2,5 mal größer.

Sieht man nun einmal vom unterschiedlichen Leistungsniveau der vier Stichproben ab und richtet das Augenmerk auf die zwischen den Mächtigkeiten bestehenden Leistungsdifferenzen, so erhält man die in der folgenden Tabelle 96 festgehaltenen Ergebnisse.

Tabelle 96:

Mittelwertsdifferenzen zwischen den benachbarten Mächtigkeiten bei den Stichproben S_3 , S_4 , G_3 und G_4

Vergleich	S_3		S_4		G_3		G_4	
	Diff.	Rg.	Diff.	Rg.	Diff.	Rg.	Diff.	Rg.
3 : 4	-0,13	6	-0,11	6	-0,06	5	-0,02	7
4 : 5	-0,83	2	-0,69	2	-0,39	3	-0,25	3
5 : 6	-0,21	4	-0,27	5	-0,28	4	-0,24	4
6 : 7	-1,55	1	-1,30	1	-0,91	1	-0,87	1
7 : 8	-0,18	5	-0,28	4	+0,05	6	-0,05	6
8 : 9	-0,40	3	-0,37	3	-0,51	2	-0,40	2
9 : 10	+0,72	7	+0,61	7	+0,08	7	-0,06	5

In dieser Tabelle sind für die vier Stichproben jeweils in der vorderen Spalte die Differenzen zwischen den Mittelwerten der in der ersten Spalte genannten Mächtigkeiten aufgezeichnet und in der Spalte 2 sind diese Differenzen innerhalb jeder Stichprobe nach Rangplätzen geordnet. Diese Rangfolgen zeigen bei allen vier Stichproben eine große Übereinstimmung untereinander und deuten darauf hin, daß der Übergang vor einer Mächtigkeit zur nächst höheren im Vergleich zu anderen Übergängen für alle vier Stichproben jeweils die gleiche relative Schwierigkeit darstellt. Der nach KENDALL ermittelte Konkordanzkoeffizient von $r = 0,906$ (vgl. FRÖHLICH, S. 89 ff.) bestätigt die hohe Übereinstimmung zwischen den Rangreihen. Der Koeffizient kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 1\%$ als nicht durch zufällige Einflüsse entstanden erklärt werden.

Von den hier dargestellten Beobachtungen sind neben der Höhe des Lösungsanteils bei den einzelnen Mächtigkeiten die Leistungsunterschiede sowohl zwischen den Mächtigkeiten als auch zwischen den Stichproben von Interesse.

In der folgenden Tabelle 97 sind zunächst die Ergebnisse der Überprüfung der H_0 bezüglich der Leistung der Stichproben bei den verschiedenen Mächtigkeiten aufgezeigt:

Tabelle 97:

Ergebnisse der Überprüfung der Bedeutsamkeit der Leistungsunterschiede zwischen benachbarten Mächtigkeiten bei den Stichproben S_3 , S_4 , G_3 , G_4

Vergleich der Mächtigk.	S_3		S_4		G_3		G_4	
	p	Bed.	p	Bed.	p	Bed.	p	Bed.
3 : 4	1,9	s	4,1	s	8,8	-	48,6	-
4 : 5	0,0	ss	0,0	ss	0,0	ss	0,0	ss
5 : 6	3,0	s	0,8	ss	0,1	ss	0,0	ss
6 : 7	0,6	ss	0,0	ss	0,0	ss	0,0	ss
7 : 8	19,5	-	1,8	s	61,9	-	75,8	-
8 : 9	0,1	ss	0,3	ss	0,0	ss	0,0	ss
9 : 10	0,0	ss	0,0	ss	73,9	-	55,9	-

Zunächst einmal ist zusätzlich zu den durch die Tabelle gegebenen Informationen zu vermerken, daß außer den dort aufgeführten Vergleichen alle sonst möglichen Vergleiche der acht Variablen (Mächtigkeiten 3 bis 10) mindestens sehr signifikante Ergebnisse erbringen. Von den nicht benachbarten Mächtigkeiten werden lediglich die Mächtigkeiten 7 und 10 sowie 8 und 10 bei den Stichproben S_3 und S_4 gleich häufig richtig geschätzt. Da - wie bereits oben dargestellt wurde - die Ergebnisse der Mächtigkeit 10 einer Einschränkung bedürfen, und daher primär die Ergebnisse der Mächtigkeiten 3 bis 9 betrachtet werden sollten, können wir ohne Einschränkung von sehr signifikanten Unterschieden beim Erfassen nicht "benachbarter" Mächtigkeiten von Mengen sprechen. Bei den "benachbarten" Mäch-

tigkeiten erweisen sich die Differenzen von 4 und 5, 6 und 7 sowie 8 und 9 für alle Gruppen als mindestens sehr bedeutsam (1%-Niveau). In den übrigen Vergleichen (3 und 4, 7 und 8) zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen dem Verhalten der Sonderschulstichproben und Grundschulstichproben. Hier weisen die Sonderschüler (außer S_3 bei 7 und 8) jeweils überzufällige Unterschiede auf, die Grundschüler dagegen sind weit davon entfernt, den Wert zu erreichen, der uns per Konvention erlaubt, von bestehenden Unterschieden zu sprechen.

4.5.3.2.3. Die Leistung der vier Stichproben beim Erfassen von Mengen · unterschiedlicher Darbietungsformen und Mächtigkeit

Aus dem Kapitel 4.5.3.2.1. wissen wir, daß sich die Stichproben S_3 und S_4 einerseits und G_3 und G_4 andererseits bei jeder Darbietungsform sehr bedeutsam in den Lösungshäufigkeiten unterscheiden. Im folgenden soll nun überprüft werden, inwieweit die Ergebnisse dieses globalen Vergleichs auch dann noch für die vier Stichproben zutreffen, wenn man die Darbietungsformen nach den einzelnen Mächtigkeiten aufgliedert (vgl. Tab.98).

In der folgenden Tabelle 99 sind für die Stichprobenvergleiche $S_3 - S_4$, $G_3 - G_4$, $S_3 - G_3$ sowie $S_4 - G_4$, die nach SACHS (S. 64) errechneten überzufälligen Prozent - Differenzen aufgeführt.

Die in Kapitel 4.5.3.2.1. festgestellte Tendenz größerer Leistungsdifferenzen zwischen den entsprechenden Klassen verschiedener Schularten als zwischen den Klassen 3 und 4 gleicher Schulart wird bei der Aufgliederung der acht Globalvergleiche in 64 Einzelvergleiche bestätigt. Bei diesen 64 Vergleichen werden zwischen S_3 und G_3 40 und zwischen S_4 und G_4 39 überzufällige Unterschiede festgestellt, beim Vergleich der Stichproben S_3 und S_4 sowie G_3 und G_4 sind es dagegen nur sieben beziehungsweise neun.

Tabelle 98:

Die Leistungen der Stichproben S_3 , S_4 , G_3 und G_4
bei den acht Anordnungen und Mächtigkeiten

	Mäch- tig- keiten	D a r b i e t u n g s f o r m							
		1	2	3	4	5	6	7	8
S_3	3	95	96	98	98	98	97	97	97
	4	97	91	99	97	98	93	93	97
	5	91	78	93	86	93	84	83	72
	6	87	82	91	93	90	82	72	62
	7	72	71	73	75	72	57	55	31
	8	83	73	74	74	70	40	44	28
	9	86	86	59	62	55	43	38	17
	10	90	92	70	69	56	51	50	41
S_4	3	99	91	100	98	98	99	97	97
	4	98	97	98	96	97	95	93	96
	5	95	80	91	92	93	87	82	77
	6	96	84	90	96	88	77	74	66
	7	79	82	78	72	76	59	59	35
	8	89	77	81	77	76	39	41	34
	9	91	88	66	58	60	43	45	27
	10	90	93	76	68	73	47	43	46
G_3	3	99	98	100	98	99	97	99	97
	4	100	95	100	99	98	93	97	99
	5	96	90	97	95	96	91	89	88
	6	95	89	99	99	96	84	82	70
	7	86	90	83	84	82	74	71	53
	8	93	90	90	93	92	60	64	46
	9	95	94	77	77	74	64	59	36
	10	97	99	79	75	78	58	55	44
G_4	3	99	97	100	100	99	98	99	100
	4	99	99	100	98	100	99	97	99
	5	97	93	97	97	97	96	95	91
	6	97	94	99	100	97	90	84	79
	7	88	92	91	88	91	77	70	56
	8	95	92	95	94	92	62	62	57
	9	94	92	87	83	75	65	65	47
	10	92	97	83	83	83	59	57	45

Tabelle 99:

Vergleich der Leistungen der Stichproben S_3 , S_4 , G_3 und G_4 bei jeweils gleicher Mächtigkeit und Anordnung; Überprüfung der Bedeutsamkeit der Prozentdifferenzen nach SACHS (S. 64)

Anordnung	Mächtigkeit	Vergleich der Stichproben in den Darbietungsformen 1 - 4				Anordnung	Vergleich der Stichproben in den Darbietungsformen 5 - 8			
		S_3 $-S_4$	G_3 $-G_4$	S_3 $-G_3$	S_4 $-G_4$		S_3 $-S_4$	G_3 $-G_4$	S_3 $-G_3$	S_4 $-G_4$
1	3			s		5				
	4									
	5			s						
	6	s		s					s	s
	7			s	s		s		s	s
	8			s	s				s	s
	9			s	s				s	s
	10		s	s			s		s	s
2	3	s			s	6				
	4	s								
	5			s	s			s	s	s
	6			s	s				s	s
	7	s		s	s				s	s
	8			s	s				s	s
	9			s	s				s	s
	10			s					s	s
3	3				s	7				
	4									
	5			s	s		s		s	s
	6			s	s				s	s
	7		s	s	s				s	s
	8			s	s				s	s
	9			s					s	s
	10		s						s	s
4	3					8				
	4									
	5			s	s				s	s
	6			s	s			s	s	s
	7			s	s				s	s
	8			s	s			s	s	s
	9			s	s			s	s	s
	10				s		s	s	s	s

Diese überzufälligen Unterschiede zwischen S_3 und G_3 sowie zwischen S_4 und G_4 sind bei den Mächtigkeiten 7 und 8 in allen Darbietungsformen, bei den Mächtigkeiten 5,6 und 9 in der Mehrzahl der Darbietungsformen festzustellen. Ein Zusammenhang zwischen Darbietungsform und Bedeutsamkeit des Leistungsunterschiedes zwischen den Gruppen ist hier jedoch nicht zu erkennen und bedürfte wiederum komplexerer Prüfverfahren, für die keine Rechenprogramme vorlagen. Die Mächtigkeiten 3 und 4 werden mit zwei Ausnahmen ($S_3 - G_3$: Darbietung 1, $S_4 - G_4$: Darbietung 2) bei allen Darbietungsformen von den Sonderschulstichproben und Grundsichulstichproben mit gleicher Erfolgsquote erfaßt.

4.5.3.3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung 4.5.3.

Die vorliegende Untersuchung sollte wie die beiden zuvor dargestellten Untersuchungen die Gültigkeit einer methodischen Empfehlung überprüfen. Untersucht wurde die Empfehlung der Hessischen Bildungspläne (1962), daß im Rechenunterricht der Unter- und Mittelstufe der linearen Anordnung der Elemente der Mengen "der Vorzug zu geben" (S. 118) ist. Auf Grund diesbezüglicher Erfahrungen in der Unterrichtspraxis wurde demgegenüber die Hypothese einer Erschwerung der Zuordnung so geordneter Mengen zu den entsprechenden Äquivalenzklassen vertreten.

Um diese Hypothese überprüfen zu können, wurden 860 Sonderschul- und Grundschulkindern des 3. und 4. Schulbesuchsjahres Mengen der Mächtigkeiten 3 bis 10 in 8 verschiedenen Anordnungen der Elemente - insgesamt also 64 Mengen unterschiedlicher Größe und Anordnung - jeweils eine Sekunde (3 Sekunden) zum Bestimmen der Mächtigkeit vorgelegt.

Es wurde folgendes Ergebnis ermittelt:

Von den 8 Anordnungen stellt sich die lineare Anordnung als die schwierigste für ein komplexes Erfassen der Mengen dar. Mit einem Lösungsanteil von 63,0 Prozent besteht eine sehr signifikante Differenz zu dem bei den ungeordneten Mengen ohne Abstand der Elemente erzielten Lösungsanteil (71,6 Prozent). Diese Anordnung nimmt in der Effektivitätsrangfolge der 8 Anordnungen die nächst höhere Stellung ein.

Das Ergebnis der Gesamtstichprobe wird ohne Einschränkung durch das der Untergruppen S_3 , S_4 , G_3 und G_4 bestätigt: Auch hier weist sich die lineare Anordnung bei jeweils sehr signifikanten Differenzen zur nächst effektiveren Anordnung als die am schwersten überschaubare aus.

Unsere Hypothese wird somit bestätigt: die Empfehlung des Bildungsplanes stellt eine Erschwerung der Mengenoperation und damit der Zahlbegriffsentwicklung dar.

Hinsichtlich unserer eingangs formulierten weiteren Teilziele lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Zu 1. Mengen unterschiedlicher Anordnung werden unterschiedlich erfaßt. Bei der effektivsten Anordnung (Ergänzungsverfahren mit Abstand) wird ein Lösungsanteil von 92,4, bei der ineffektivsten (lineare Anordnung) ein solcher von 63,0 Prozent erzielt.

Von den auf die Anordnung beziehungsweise auf die Elemente sich beziehenden Eigenschaftspaaren

quadratisch/geordnet	-	rund/geordnet
0,5s Abstand	-	ohne Abstand
Doppelreihe geordnet	-	linear geordnet
ungeordnet	-	linear geordnet

beeinflußt jeweils die erstgenannte Eigenschaft das Erfassen der Menge positiv.

- Zu 2. Mengen unterschiedlicher Mächtigkeit werden unterschiedlich erfaßt. Mit Ausnahme der Mächtigkeiten 7 und 8 werden bei allen benachbarten Mächtigkeiten sehr bedeutsame ($p < 1\%$) unterschiedliche Leistungen erzielt. Dabei weist jeweils die Menge höherer Mächtigkeit geringere Lösungshäufigkeiten auf. Eine Ausnahme stellt die Mächtigkeit 10 dar, die vermutlich aufgrund der Versuchsanordnung bessere Resultate erzielt hat, als die Mächtigkeit 9.

Zwischen der Mächtigkeit 6 (Lösungsanteil 86,8 Prozent) und der Mächtigkeit 7 (72,3 Prozent) ist der größte Leistungsabfall zu verzeichnen.

- Zu 3. Äquivalente Mengen werden bei unterschiedlichen Anordnungen mit steigender Mächtigkeit zunehmend unterschiedlich erfaßt. Während bei Mengen der Mächtigkeit 3 die Lösungsanteile bei den 8 Anordnungen zwischen 96 und 99 Prozent schwanken, bewegen sich diese bei der Mächtigkeit 9 zwischen 32 und 91 Prozent.

Zu 4. Die vier Untergruppen S_3 , S_4 , G_3 und G_4 erzielen Lösungsanteile von 75,6, 77,9, 84,9 und 87,4 Prozent. Die entsprechenden Gruppen der Grund- und der Sonderschule unterscheiden sich weit überzufällig ($p < 1\%$).

Trotz des unterschiedlichen Leistungsniveaus ist das Leistungsverhalten der vier Schülergruppen in den 8 Anordnungen konform. Die Leistungsabstände zwischen den Gruppen bleiben bei allen Anordnungen fast gleich.

Ebenso wie bei den verschiedenen Anordnungen bleibt auch bei den einzelnen Mächtigkeiten die Leistungsrangfolge G_4 , G_3 , S_4 und S_3 unter den Gruppen bestehen. Mit steigender Mächtigkeit werden die Differenzen zwischen den Sonderschülern und den Grundschülern größer.

4.5.4. Zusammenfassung der Ergebnisse und der Interpretationen der exemplarisch zum Bereich der methodischen Maßnahmen der Schule für Lernbehinderte durchgeführten Untersuchungen

1. Das Prinzip der "Anschauung durch alle Sinne" kann auf Grund der vorliegenden Ergebnisse nur mit Einschränkungen vertreten werden, da eine permanente Anschauung die Entwicklung abstrakten Denkens erschwert, und außerdem eine Anpassung der Leistung an die Leistungsfähigkeit ausschließt.
2. Das sogenannte schriftliche Rechnen hat sich in der vorliegenden Untersuchung gegenüber dem weitaus intensiver geübten mündlichen Rechnen als gleich effizient erwiesen. Zieht man weiterhin den Tatbestand in die Überlegung der didaktischen Konsequenzen mit ein, daß das schriftliche Verfahren die Struktur des Positionssystems besser erkennen und die Aufmerksamkeit der Kinder wegen der geringeren Beanspruchung der Merkfähigkeit besser auf die auszuführende Operation ausrichten läßt, so kann eine Einführung der schriftlichen Addition/Subtraktion im Zahlbereich $Z > 10$ vor der sogenannten mündlichen Addition und Subtraktion empfohlen werden.
3. Die vom Hessischen Bildungsplan empfohlene lineare Anordnung der Elemente einer Menge erschwert das komplexe Erfassen der Menge und stellt somit neben den Fakten der Anwendung synthetischer Verfahren im Erstunterricht und der Nichtbeachtung des invarianten Verhaltens ein zusätzliches Hindernis bei der Entwicklung des Zahlbegriffs dar.

4.6. Gesamtzusammenfassung der Ergebnisse und Interpretationen der Untersuchungen 1.1. bis 5.3.

Die vorliegende Arbeit hatte sich die Aufgabe gestellt, exemplarisch einige wesentliche didaktische Entscheidungen der Schule für Lernbehinderte empirisch zu überprüfen. Es handelt sich hierbei um Entscheidungen, die sowohl Sonderschulbedürftigkeit verursachen als auch verstärken können. Im einzelnen wurden überprüft:

1. die Effizienz gegenwärtiger Unterrichtsverfahren in der Grund- und Hauptschule (U 1.1., U 1.2.),
2. die Beachtung der für die Zahlbegriffsentwicklung bedeutsamen Voraussetzung des mengeninvarianten Verhaltens (U 2.1., U 2.2., U 2.3.),
3. die Strukturorientiertheit bei der Erarbeitung der Zahlbereiche (U 3.1., U 3.2.),
4. die Fähigkeit des Schülers zum Erfassen mathematischer Zusammenhänge, dargestellt am Beispiel des Positionssystems (U 4.1., U 4.2., U 4.3.),
5. die Gültigkeit der methodischen Entscheidungen
 - a) stetige Anschauung durch alle Sinne,
 - b) schriftliche Operationen nach den mündlichen Operationen
 - c) Ausgehen von der linearen Anordnung der Elemente einer Menge bei der Zahlbegriffsentwicklung.

Es wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Zu 1): Der auf Grund bisheriger Forschungsergebnisse als anderen Unterrichtsverfahren sich überlegen, zumindest jedoch gleich effizient erweisende programmierte Unterricht konnte durch eine Fehleranalyse und eine bessere Strukturorientierung signifikant effektiver gestaltet werden. Obwohl lediglich die Effizienz eines Programms untersucht wurde, glauben wir diese Ergebnisse als Maßstab für die Effizienz gegenwärtiger Unterrichtspraxis allgemein nehmen zu können. Das Scheitern

bestimmter Gruppen von Schülern in der Grund- und Hauptschule und der Begriff der Sonderschulbedürftigkeit erscheinen somit in einem neuen Licht.

Zu 2): Die von uns überprüften Sonderschüler erreichen erst zwischen dem 10. und dem 11. Lebensjahr invariantes Verhalten. Sowohl die Grundschule als auch die Schule für Lernbehinderte haben dieser zentralen Voraussetzung für eine Zahlbegriffsentwicklung keine oder nur ungenügende Beachtung geschenkt. Die für dieses Verhalten mögliche Begründung einer mangelnden Leistungsfähigkeit der Schüler wird dadurch widerlegt, daß in der vorliegenden Untersuchung auch achtjährige Kinder mittels einer strukturorientierten Unterweisung vom varianten zum invarianten Verhalten geführt werden konnten.

Die hier ermittelten Befunde beinhalten notwendig auch die Feststellung, daß durch das aufgezeigte Versäumnis eine Zahlbegriffsbildung verhindert und somit die Entwicklung der mathematischen Leistung beeinträchtigt wurde.

Zu 3) und 4): Das unterschiedliche Leistungsverhalten der Schüler bei strukturgleichen Operationen in verschiedenen Zahlbereichen lässt ein Nichterfassen der Struktur des Positionssystems und ein dadurch erforderliches Einprägen der verschiedenen Zahlrelationen erkennen. Wie die Befunde der Untersuchungen 4.1. und 4.2. jedoch zeigen, sind auch Sonderschüler in der Lage, den Aufbau des Positionssystems zu erkennen und dadurch "unbekannte", nicht erlernte Operationen zu bewältigen.

zu 4): Sonderschüler haben sowohl beim Training des Erkennens der Struktur logischer Reihen als auch beim Training der Bestimmung relativer Quantitäten bedeutsame beziehungsweise sehr bedeutsame Lernfortschritte aufzuweisen. Die bisherigen Interpretationen der Ergebnisse von Querschnittuntersuchungen und die daraus gezogenen didaktischen Konsequenzen sind daher neu zu überdenken.

Zu 5): Die von uns überprüften methodischen Empfehlungen müssen bei ihrer konsequenten Beachtung als auf die Entwicklung gerade der Fähigkeiten sich hemmend auswirkend bezeichnet werden, in denen Sonderschüler ein besonderes Minus aufzuweisen haben und derentwegen diese Empfehlungen ausgesprochen werden. Diese Empfehlungen bedürfen zumindest genauerer Hinweise auf den Zeitpunkt ihres Einsatzes und des Stellenwertes innerhalb des Lernprozesses, der durch sie gestützt werden soll.

- a) Bei dem stellvertretend für verschiedene Unterrichtsprinzipien untersuchten Prinzip der "Anschauung durch alle Sinne" konnte die Tendenz zu einer restringierenden Funktion dieses Prinzips hinsichtlich der Entwicklung höherer Denkprozesse aufgezeigt werden. Die Anschauung durch alle Sinne stellt eine wichtige Maßnahme der tätigen Auseinandersetzung mit der Umwelt und damit bei der Entwicklung der Wahrnehmungsfähigkeit und des Denkens dar. Ein Persistieren auf dieser Ebene und ein Warten darauf, bis der Schüler von sich aus von der unmittelbaren Anschauung zur mittelbaren Anschauung gelangt, läßt - wie die vorliegende Untersuchung zeigt - Förderungsmöglichkeiten der Schüler in diesem Bereich ungenutzt.
- b) Einen hemmenden Einfluß auf die Entwicklung üben nach unseren Untersuchungsergebnissen auch die Empfehlungen des Hessischen Bildungsplanes zu einer Einführung der mündlichen Addition/Subtraktion vor der schriftlichen Addition/Subtraktion im Zahlbereich $Z > 10$ und des Ausgehens von einer linearen Anordnung der Elemente bei der Strukturierung von Mengen und dem damit verbundenen Ziel des Erfassens der Zahleigenschaft von Mengen aus. Die sogenannten schriftlichen Additionen und Subtraktionen mit ihrer vertikalen Anordnung der Items erwiesen sich in der von uns durchgeführten Untersuchung gegenüber den sogenannten mündlichen Additionen und Subtraktionen auch im unteren Zahlbereich (bis vier Stellen) trotz eines Übungsdefizits als zumindest gleich effizient.

Wegen der besseren Abstimmung auf die Struktur des Positionssystems einerseits und angesichts der mehrfach nachgewiesenen unzureichenden Kenntnis des Positionssystems andererseits muß die vertikale Schreibweise als eine mögliche Hilfe zur Erfassung der Struktur des Positionssystems angesehen werden.

- c) Die Entwicklung des Begriffs der Kardinalzahl als Äquivalenzklasse erfordert unter anderem das Vergleichen verschiedener Mengen unterschiedlicher Anordnung und unterschiedlicher Elemente. Bei leistungsschwächeren Kindern ist von der Anordnung auszugehen, die die Zahleigenschaft der Menge am besten erkennen lässt. Anschließend ist schrittweise zu schwerer zu erfassenden Anordnungen überzugehen. Voraussetzung für diese Maßnahme ist die Kenntnis, welche Mengen welcher Anordnungen bezüglich ihrer Zahleigenschaft am besten zu bestimmen sind. Die durchgeführte Untersuchung hat gezeigt, daß die unterschiedliche Anordnung der Elemente einer Menge für das Erfassen der Zahleigenschaften dieser Menge von Bedeutung ist, und daß die Sonderschule, die beständig den Grundsatz des Fortschreitens vom Einfachen zum Komplexen betont, wohl aus Unkenntnis die schwierigste Anordnung als Ausgangspunkt empfiehlt.

Insgesamt muß also festgestellt werden, daß die vorliegende Untersuchung erhebliche Mängel gegenwärtiger Praxis aufgezeigt hat, die zu einer grundlegenden Reform der didaktischen Ansätze der Schule für Lernbehinderte aber auch der Grund- und Hauptschule zwingen. Die Untersuchung hat weiterhin gezeigt, daß diese Reform nur in einer besseren Strukturorientierung unter Einbeziehung empirischer Forschungsmethoden liegen kann. Keinesfalls können jedoch - wie bisher geschehen - vermeintliche, nicht exakt bestimmbare Schwächen der Schüler zum Ausgangspunkt zu bestimmten didaktischen Entscheidungen gemacht werden.

Unter der Voraussetzung, daß die hier erhobenen Befunde gültig und die entsprechenden Interpretationen angemessen sind, muß ein Unterricht, der die hier aufgezeigten Fehler meidet, notwendig nicht nur zu besseren Lernergebnissen führen (dies konnte oben bereits bestätigt werden) , sondern auch die gesamte intellektuelle Leistung der Schüler beeinflussen. Im folgenden soll daher die Intelligenz der Schüler überprüft werden, die über mindestens zwei Jahre in den Fächern Rechnen und Sachunterricht strukturorientiert unterrichtet wurden.

4.7. Strukturorientierter Unterricht und Intelligenzentwicklung

Vorbemerkungen

Wenn in der vorliegenden Arbeit von der Hypothese ausgegangen wird, daß Minderleistungen von Sonderschülern in bestimmten Bereichen (mangelnde Beachtung der Lernvoraussetzungen, mangelnde Strukturorientierung, unpräzise methodische Hilfen) durch inadäquate, ja sogar falsche didaktische Entscheidungen verstärkt werden, dann müßte eine in diesem Sinne korrektere Didaktik dazu beitragen, Leistungsschwächen abzubauen, zumindest jedoch auf ihrem relativen Stand zu halten.

Im Kapitel 4.4.1. konnten wir an einer kleinen Stichprobe nachweisen, daß auch Sonderschüler die ihnen häufig abgesprochene Fähigkeit entwickeln können, mathematische Strukturen zu erkennen, das heißt Einsicht in bestimmte mathematische Sachverhalte und Zusammenhänge zu gewinnen - vorausgesetzt, die Schule bietet ihnen dazu die Möglichkeit. Eine solche Einsicht ist die Bedingung für das Erkennen strukturgleicher beziehungsweise strukturverwandter Items und für die Beseitigung des bisher üblichen Zwanges, strukturgleiche Operationen jeweils neu auswendig lernen (vgl. Kapitel 4.3.) zu müssen.

Aus diesen Tatbeständen muß weiterhin gefolgert werden, daß ein Unterricht, der im Gegensatz zu der überwiegend die Merkfähigkeit ansprechenden bisherigen Praxis wesentlich auf das Erkennen von Zusammenhängen abzielt, Veränderungen in der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit bewirken muß.

Im folgenden soll daher die allgemeine Intelligenz einer Gruppe von Kindern untersucht werden, die über mindestens zwei Jahre im Rechenunterricht, im Sachunterricht und teilweise auch im Deutschunterricht im Sinne der Strukturaufbauten unterrichtet wurde.

4.7.1. Untersuchungsplanung

1. Ziel der Untersuchung

Überprüfung der Hypothese 6

2. Methode der Untersuchung

Die Veränderung der intellektuellen Leistungsfähigkeit soll durch einen Vergleich der Leistungen der Probanden im HAWIK vor und nach einem mindestens zweijährigen strukturorientierten Unterricht ermittelt werden.

Der HAWIK wurde als Prüfinstrument ausgewählt, weil dieser Test bei allen Kindern vor der Überweisung zur Sonderschule und somit vor Beginn des strukturorientierten Unterrichts durchgeführt worden war. Zu diesem Zeitpunkt ist eine Untersuchung der intellektuellen Leistung noch nicht erwogen und daher zunächst kein anderes Prüfinstrument eingesetzt worden.

3. Beschreibung des Zustandekommens der Untersuchung und der Auswahl der Stichprobe

Der Verfasser war in der Zeit von April 1966 bis Juli 1970 als Sonderschullehrer an der Mittelpunktschule in Eiterfeld eingesetzt, um dort eine Sonderschulklasse zu unterrichten und beim Aufbau eines Sonderschulzuges mitzuhelfen. Die Zahl der Schüler stieg in dem angegebenen Zeitraum von 17 auf 42 an. Im Juli 1970 wurden zunächst nur im Interesse exakterer Unterlagen für die Erstellung der Jahresgutachten bei allen 42 Kindern bestimmte Tests durchgeführt, darunter auch der HAWIK.

In der Zeit von 1969 bis 1972 war der Verfasser als Leiter des Hauptseminars für apl. Lehrer an Sonderschulen des Kreises Fulda, Hünfeld, Hersfeld, Rotenburg und Eschwege eingesetzt und hatte in dieser Eigenschaft Lehrer in der zweiten Ausbildungsphase zu betreuen. Unter ihnen befand sich Herr G. BAGUS, der ebenfalls

seit 1968 in Eiterfeld tätig war und dort den Mathematikunterricht nach dem Prinzip der Strukturaufbauten erteilte. Für ihn ergab sich im Verlaufe des Jahres 1970 das Vorhaben, einen Leistungsvergleich der Schüler bei Schuleintritt und nach einer gewissen Beschulungszeit durchzuführen. Über die Ergebnisse dieses Vergleichs von 18 Probanden berichtet Herr BAGUS in seiner Zulassungsarbeit zur zweiten Staatsprüfung. Da die Befunde von Herrn BAGUS interessante Tendenzen erkennen ließen, wegen einer zu geringen Probandenzahl jedoch nicht verallgemeinert werden konnten, wurden nachträglich die von G. BAGUS überprüfte Probandengruppe durch die erweitert, die 1970 vom Verfasser (damals allerdings mit einer anderen Intention) überprüft worden waren und zu diesem Zeitpunkt eine mindestens zweijährige Schulzeit in Eiterfeld hinter sich hatten. Es waren dies 13 Schüler. Somit liegt eine Gesamtstichprobe von 31 Kindern vor. Die 13 vom Verfasser getesteten Schüler befanden sich zum Zeitpunkt der Überprüfung in der Unter- und Mittelstufe, die von BAGUS überprüften dagegen in der Oberstufe. Die Mitarbeit in der Unterstufe, Mittelstufe und Oberstufe war in den Fächern, in denen strukturorientierter Unterricht erteilt wurde, nicht vom Alter, sondern ausschließlich von der Leistung abhängig. Insofern kann an dieser Stelle eine differenzierte Berücksichtigung der Variable "Alter" unterlassen werden.

4. Einschränkung

Die auch für eine solche Längsschnittuntersuchung noch geringe Probandenzahl von 31 erlaubt nur das Aufzeigen allgemeinsten Tendenzen und verhindert die Beantwortung detaillierter Fragestellungen etwa hinsichtlich der Bedeutung des Alters und der Ausgangsleistung für die Quantität und Qualität der Intelligenzveränderung. Bezüglich der Zusammensetzung der Gruppe könnte zunächst angenommen werden, daß unter den in Eiterfeld unterrichteten Kindern in höherem Maße zunächst schwerer behinderte Kinder zu finden sind, als dies im Durch-

schnitt in übrigen Sonderschulen der Fall ist, da zu Beginn der Aufbauphase dieses Schulzweiges nur knapp ein Prozent der Kinder des Einzugsbereiches eine Sonderschule besuchten. Dies wird jedoch durch einen IQ-Durchschnitt von 74,3 gegenüber einem sonstigen Mittelwert der Lernbehinderten von 73 (BERG 1969, S. 10)¹⁾ nicht bestätigt.

5. Bisherige Forschungsergebnisse

Eine vergleichbare Untersuchung wurde von F. BASLER (1972) und F. BASLER / H.D. BASLER (1973) durchgeführt. F. BASLER (1972) überprüfte 271 lernbehinderte Sonderschüler nach ein- bis achtjährigem Sonderschulbesuch mit dem HAWIK und verglich die hier erzielten Ergebnisse mit denen, die im Rahmen des Überprüfungsverfahrens vor der Um- beziehungsweise Einschulung ermittelt worden waren. Der bedeutende Anstieg des IQ-Mittelwertes von 77,88 auf 82,28 (Zuwachs: 4,4 IQ-Punkte) wird von BASLER auf "eine verbesserte Arbeitshaltung, eine verstärkte Ausdauer und Konzentration verbunden mit einer erhöhten emotionalen Ausgeglichenheit" (BASLER / BASLER 1973, S. 12) zurückgeführt. Auf Grund des Ergebnisses der Kontrolluntersuchung an 34 Kindern, die als lernbehindert diagnostiziert, jedoch aus schulorganisatorischen Gründen ("Raum- und Lehrermangel") nicht in die Sonderschule überwiesen worden waren, interpretieren sie den "Intelligenzzuwachs der Sonderschüler nicht als Effekt der Sonderbeschulung" (S. 14). Die Kinder der Kontrollgruppe hatten einen Anstieg des IQ-Mittelwertes von 74,94 auf 84,26 zu verzeichnen.

4.7.2. Darstellung der Ergebnisse

1. Die Gesamtleistung der Schüler

In der Erstuntersuchung erzielten die Probanden einen Gesamt-IQ von 74,3 und in der Zweituntersuchung einen solchen von 83,4, was einem Zuwachs von 9,1 IQ-Punkten entspricht. Dabei hat die Stichprobe bezüglich des Handlungs-IQ,

¹⁾ SCHMALOHR ermittelte bei 915 zur Sonderschule gemeldeten (und später auch aufgenommenen) Schülern einen durchschnittlichen IQ von 72,3 (SCHMALOHR 1971, S. 8).

der zunächst mit durchschnittlich 75,1 IQ-Punkten unter dem Verbal-IQ (79,4 Punkte) lag, mit 11,1 Punkten einen höheren Zuwachs aufzuweisen als der Verbal-IQ (Zuwachs 5,4 Punkte), so daß im Posttest die Leistung im Handlungsteil die im Verbalteil geringfügig übertrifft.

In der Tabelle 100 a) sind die IQ-Mittelwerte und die Streuungen dargestellt. Im Abschnitt b) der Tabelle sind des weiteren die Befunde der statistischen Überprüfung der Bedeutsamkeit der Leistungsunterschiede zwischen der Ausgangsleistung und der Endleistung enthalten. Bei der anormalen, linksschiefen Verteilung mußte der Wilcoxon-Test angewandt werden (vgl. MITTEN-ECKER, S. 166 ff.).

Tabelle 100:

Mittelwerte und Mittelwertsdifferenzen zwischen der Anfangs- und Endleistung im Verbalteil und Handlungsteil des HAWIK

a) Mittelwerte Test 1 und Test 2

	Test 1	Test 2	Diff.
Ges.IQ	74,3	83,4	+ 9,1
H - IQ	75,1	86,2	+ 11,1
V - IQ	79,4	84,8	+ 5,4

b) Überprüfung der Bedeutsamkeit der Leistungsunterschiede zwischen Test 1 und Test 2,
Ergebnisse des Wilcoxon - Tests.

Vergleich	N	T ₁	T _{pop}	s _T	Z	Bed.
IQ ₁ - IQ ₂	27	5,0	189	41,62	4,42	ss
VIQ ₁ - VIQ ₂	29	68,0	217,5	46,24	3,23	ss
HIQ ₁ - HIQ ₂	31	10,5	248	51,02	4,66	ss

Sowohl beim Gesamt-IQ als auch beim Verbal-IQ und Handlungs-IQ ist der Leistungsunterschied zwischen dem Ersttest und Zweittest als sehr bedeutsam zu bezeichnen.

Die unterschiedliche Leistungsänderung im VT und HT wird besonders deutlich, wenn man neben den Mittelwerten die Zahl der Schüler betrachtet, die in einem der beiden Bereiche ein Leistungsplus zu verzeichnen haben. Im Vortest haben von 31 Kindern 21 im VT und 9 im HT die bessere Leistung aufzuweisen, im Nachtest dagegen finden wir eine Relation von 11 zu 18 vor. Es läßt sich daher folgende Matrix erstellen und mit Hilfe des McNEMAR-Tests eine signifikante Leistungsveränderung feststellen:

		Nachtest, VIQ > HIQ	
		+	-
Vortest VIQ > HIQ	+	8	11
	-	2	7

Elf Schüler, die im Vortest eine bessere Leistung aufzuweisen hatten, zeigten im Nachtest im Handlungsteil günstigere Ergebnisse, dagegen sind nur zwei Schüler aufzufinden, die sich in entgegengesetzter Richtung bewegen.

Vergleichen wir die Leistungen zwischen dem Verbalteil und Handlungsteil sowohl im Ersttest als auch im Zweittest, so liefert der Wilcoxon-Test im ersten Falle ein $z = 2,397$ und im zweiten Falle ein $z = -1,01$. Während im Ersttest bedeutsame Differenzen (zugunsten des VT) zwischen beiden Testbereichen bestehen, sind solche im zweiten nicht mehr festzustellen.

2. Die Leistungen der Schüler in den Untertests des HAWIK

In den elf Untertests wurden folgende mittleren Wertpunktzahlen erreicht:

Tabelle 101:

Mittlere Wertpunktzahlen in den Untertests des HAWIK
im Vortest und Nachtest

HAWIK Unter- test	Wertpunktmittelwerte		Differenz "Vortest - Nachtest"
	Vortest	Nachtest	
AW	6,77	6,87	+ 0,10
AV	5,74	7,61	+ 1,87
RD	5,29	8,03	+ 2,74
GF	7,71	7,55	- 0,16
WT	7,26	7,55	+ 0,26
ZN	7,29	7,68	+ 0,39
ZS	8,23	8,52	+ 0,29
BE	6,52	7,55	+ 1,03
BO	5,03	7,16	+ 2,13
MT	6,32	8,58	+ 2,26
FL	6,06	8,32	+ 2,26

Von elf Untertests fielen in zehn die Ergebnisse im zweiten Test günstiger aus als im ersten Test. Lediglich im "Gemeinsamkeiten finden" liegt der Mittelwert des zweiten Tests um 0,16 Wertpunkte niedriger als im ersten Test. Die Differenzen zwischen dem Vor- und Nachtest, die zwischen 0,1 und 2,74 Wertpunkten schwanken, müssen jedoch teilweise als zufällig zustande gekommen bezeichnet werden (vgl. Tab. 102).

Tabelle 102:

Ergebnisse der Überprüfung der Leistungsunterschiede zwischen Vortest und Nachtest in den 11 HAWIK - Untertests

Vergleich	N	T ₁	T _{pop}	s _T	z	Bed.
AW ₁ - AW ₂	24	141	150	35,00	0,257	n.s.
AV ₁ - AV ₂	26	34,5	175,5	39,37	3,581	s.s.
RD ₁ - RD ₂	30	26	232,5	48,61	4,248	s.s.
GF ₁ - GF ₂	19	110	95	24,84	-0,604	n.s.
WT ₁ - WT ₂	28	185	193	42,81	0,187	n.s.
ZN ₁ - ZN ₂	25	141	162,5	37,16	0,579	n.s.
ZS ₁ - ZS ₂	27	167,5	189	41,62	0,517	n.s.
BE ₁ - BE ₂	26	71,5	175,5	39,37	2,642	s.s.
BO ₁ - BO ₂	28	43,5	193	42,81	3,492	s.s.
MT ₁ - MT ₂	26	24	175,5	39,37	3,848	s.s.
FL ₁ - FL ₂	28	45,5	193	42,81	3,445	s.s.

Die Ergebnisse des Wilcoxon-Tests lassen die Wertpunktdifferenzen zwischen dem Prä- und dem Posttest in den Untertests AV, BE, BO, MT und FL als sehr bedeutsam bezeichnen. Damit ist in sechs von elf Untertests eine signifikante Leistungsveränderung festzustellen. Augenfällig ist der Tatbestand, daß die Untertests BO, RD, FL und MT, in denen im Prätest in genannter Reihenfolge die niedrigsten Leistungen erzielt wurden, nun den größten Zuwachs zu verzeichnen haben. Vom besonderen Interesse ist hierbei das Ergebnis im "Rechnerischen Denken". In diesem Untertest, in dem Lernbehinderte allgemein aus dem individuellen Leistungsdurchschnitt negativ herausfallende Ergebnisse erzielen (Leistungsdurchschnitt nach BERG: 4,2 Wertpunkte) haben die von uns untersuchten Probanden den größten Lernzuwachs.

4.7.3. Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit denen BASLER und BASLER / BASLER

Die von BASLER untersuchte Stichprobe, die mit einem IQ- Mittelwert von 77,88 allerdings eine höhere Ausgangsleistung aufzuweisen hatte als die von uns überprüfte Stichprobe (IQ = 74,3), erzielte einen geringeren Zuwachs. Diese Aussage kann jedoch nur mit Einschränkung getroffen werden, da BASLER keine mittlere Sonderschulbesuchszeit angibt und die bestehenden Differenzen durch eine unterschiedliche Schulbesuchszeit begründet sein können.

Weitgehend gleichförmig verlaufen bei beiden Untersuchungen die Veränderungen der Leistungen im Verbalteil und im Handlungsteil. Auch bei BASLER wird im Handlungsteil ein größerer Leistungsanstieg erzielt als im Verbalteil, dort war allerdings schon im Prätest im Handlungsteil das bessere Ergebnis erzielt worden.

Die Leistungsveränderungen in den einzelnen Untertests gehen bei beiden Untersuchungen nur teilweise konform. Bedeutsame Differenzen werden in beiden Untersuchungen im BE, BO, FL - nicht bedeutsame im AW, GF und WT errechnet. Während

die Stichprobe BASLER zusätzlich im ZN und ZS überzufällige Unterschiede aufweist, kann dies bei der von uns überprüften Stichprobe für die Untertests AV, RD und MT ausgesagt werden. Einer besonderen Erwähnung bedarf hierbei das unterschiedliche Ergebnis im Untertest RD. Obwohl in unserer Untersuchung hier der höchste Zuwachs erzielt wurde, ist bei der von BASLER überprüften Stichprobe nur eine geringfügige Leistungsveränderung festzustellen. In diesem Untertest erzielten die von uns überprüften Kinder im Posttest ein - gemessen an den Leistungen in den übrigen Untertests - durchschnittliches Resultat, die Stichprobe BASLER dagegen hat hier auch im Posttest die schwächste Leistung aufzuweisen.

4.7.4. Interpretation

Im Gegensatz zu BASLER / BASLER, die eine recht globale Frage recht global beantworten, glauben wir auf Grund der in der vorliegenden Arbeit wiederholt angestellten Überlegungen und aufgezeigten Fakten nicht von der Frage des Einflusses verschiedener Schularten auf die Intelligenzentwicklung, sondern von der Frage nach den dort angewandten Unterrichtsmethoden, Unterrichtsverfahren und didaktischen Konzepten ausgehen zu müssen. Wenn wir nun die Hypothese formuliert hatten, daß das von uns praktizierte, strukturorientierte Verfahren neben einer mehrfach nachgewiesenen Anhebung der Schulleistung (vgl. die Ergebnisse der Untersuchungen 4.1.1., 4.1.2., 4.2.2., 4.4.1, 4.4.2., 4.5.1.) zu einer Anhebung der allgemeinen Intelligenz führt, so muß diese als bestätigt angesehen werden. Die in der Anhebung des IQ deutlich werdende Steigerung der intellektuellen Leistung muß jedoch angesichts der unterschiedlichen Leistungssteigerungen in den einzelnen Untertests des HAWIK im wesentlichen als lediglich durch eine partielle Leistungssteigerung bedingt angesehen werden. Diese Leistungssteigerung wirkt sich vor allem in den Untertests des HAWIK aus, in denen die Schüler vor Beginn des strukturorientierten Unterrichts ein besonderes Defizit aufzuweisen hatten. Somit scheinen die Tests Leistungen zu prüfen, die im Rahmen des struk-

tutororientierten Unterrichts als Lernvoraussetzung für spätere Inhalte beziehungsweise Lernprozesse oder im Hinblick auf das Richtziel Emanzipation als wichtige und zu fördernde Fähigkeiten angesehen und daher im Gegensatz zur bisherigen Praxis besonders gefördert wurden.

Es wird als wahrscheinlich erachtet, daß die Schüler zum Beispiel im Rechenunterricht durch

- das Ausgehen von dem tatsächlichen Leistungsstand auch bei den Kindern, die bereits in der Grundschule im 3. oder 4. Schuljahr mitgerechnet hatten, aber über keinen Zahlbegriff verfügten,
- einen dadurch erforderlichen nachträglichen Erwerb des Zahlbegriffs,
- ein nachträgliches Verständnis der Zahloperation des Zahlaufbaus und
- eine strukturorientierte Erarbeitung neuer Inhalte

nicht nur eine qualitativ und quantitativ bessere Rechenleistung erzielten, sondern durch diese Form der Auseinandersetzung mit isomorphen Inhalten (Entsprechung von Lernvoraussetzung und Lerninhalt) auch Fähigkeiten entwickelt haben, die in anderen Bereichen zum Tragen kommen. Wir sind der Ansicht, eine exaktere Überprüfung ist allerdings nicht möglich, daß der bedeutsame Leistungszuwachs in den Untertests RD, AV und BO wesentlich durch die ständige Betonung des problemorientierten einsichtigen Lernens zustande kam. Dies wird gerade durch die Untertests RD und AV angedeutet, in denen die von BASLER überprüfte Stichprobe nur geringfügige Änderungen erzielen konnte. Das bedeutsame Anwachsen im BE, FL und MT scheint durch strukturorientierte Übungen bedingt zu sein, die für die Schaffung bestimmter Lernvoraussetzungen (Gestaltzergliederung, Gestaltaufbau) für den Erstleseunterricht und den Erstrechenunterricht erforderlich sind und auch in der bisherigen Unterrichtspraxis - wenn auch nicht konsequent strukturorientiert - eingesetzt werden. Hier zeigen sich beinahe erwartungsgemäß weitgehende Übereinstimmungen zwischen beiden Stichproben. Als ebenso erwartungsgemäß

kommt aus der Sicht des Lehrers, der strukturorientierten Unterricht erteilt hat und die Strukturdesorientiertheit gegenwärtigen Rechenunterrichts kennt, die unterschiedliche Leistungsdifferenz im ZN zwischen den nach herkömmlichen "Sonderschulmethoden" unterrichteten Probanden BASLERS und unseren Probanden. Während an die erstgenannte Gruppe bei den gegenwärtigen Methoden ständige Anforderungen an die Merkfähigkeit besonders im Umgang mit Zahlen gestellt werden und dadurch unter Umständen Leistungen trainiert werden, die in diesen Test eingehen, betonte der strukturorientierte Unterricht unter bewußter (teilweise überzogener) Hintanstellung des Trainings des Gedächtnisses für "Zahlen" und "Zahlverknüpfungen" die Entwicklung strukturorientierten Denkens.

Zusammenfassend läßt sich somit feststellen, daß die Veränderung der Gesamtintelligenz nicht als schulart-spezifischer Effekt angesehen werden kann, sondern wohl eine abhängige Variable der angewandten Methoden, Verfahren und didaktischen Grundkonzepte darstellt. Unterschiedliche Maßnahmen scheinen nicht nur quantitativ unterschiedlich effizient zu sein, sie sprechen auch unterschiedliche Fähigkeiten an und bewirken dadurch auch qualitative Differenzen. Nachdem wir oben die Fragestellung BASLERS als didaktisch nicht sinnvoll aufgezeigt hatten, muß nun auch unsere eingangs gestellte Frage nach der Einwirkung der Unterrichtsverfahren auf die intellektuelle Leistung präzisiert werden. Die Frage kann demnach nur lauten: Welche didaktische oder methodische Maßnahme führt zu welcher spezifischen Veränderung der intellektuellen Leistung. Bei den sich verändernden und wechselnden Lebenssituationen und bei den in der Curriculumsdiskussion der Gegenwart zu Recht herausgestellten Zielen der Selbstbestimmungsfähigkeit und Urteilsfähigkeit halten wir auch in der Sonderschule Methoden und Verfahren für erforderlich, die die Entwicklung dieser Fähigkeiten stützen. Der von uns aufgezeigte Weg scheint dieses Ziel für Sonderschüler besser erreichbar werden zu lassen, als dies traditionelle Methoden vermögen.

Die Interpretation unserer Ergebnisse erfordert eine Stellungnahme zu den Resultaten, die BASLER / BASLER bei lernbehinderten Schülern an Grund- und Hauptschulen ermittelt haben. Wir hatten oben bereits darauf hingewiesen, daß das Ausmaß der Förderung der Schüler nicht von der Schulart, sondern von den angewandten Methoden abhängig ist und deswegen in diesem Zusammenhang die Frage nach der für die genannte Schülergruppe effizienteren Schulform nicht gestellt werden kann (vgl. BASLER, S. 14). Es ist daher durchaus denkbar, daß in der Grund- und Hauptschule verbliebene lernbehinderte Schüler ebenso oder besser gefördert werden als die in eine Sonderschule überwiesenen. Die Voraussetzung hierfür stellt jedoch - wie in den obigen Untersuchungen aufgezeigt werden konnte - eine ständige Beachtung der individuellen Lernvoraussetzungen dar. Wie dies in dem von BASLER / BASLER ermittelten Ausmaß (Zuwachs 10 IQ-Punkte) und innerhalb von 2;3 Jahren bei Kindern mit einem durchschnittlichen Intelligenzquotienten von 74,94 in einer zumeist überfüllten, hinsichtlich ihrer Leistungen weit streuenden "Volksschulklasse" geschehen kann, scheint uns angesichts der Kenntnis der Effizienz gegenwärtiger Methoden (vgl. obige Untersuchung 1) und des sonst üblichen Schicksals solcher Kinder nur schwer erklärbar. Näheren Aufschluß hierüber würden sicherlich Angaben über die Ergebnisse in den einzelnen Untertests und über die bei diesen Schülern angewandten Methoden liefern. Beide Informationen liefert jedoch der Beitrag von BASLER/BASLER nicht.

5. Zusammenfassung der Begründung, der Ergebnisse und der Interpretationen der Untersuchungen

Da didaktische Entscheidungen der Schule für Lernbehinderte wesentlich durch die als reduziert angesehenen Lernmöglichkeiten des Schülers beeinflußt werden,¹⁾ hatten wir eingangs die allgemeine Frage gestellt, ob Leistungsschwächen oder Schulversagen auch durch die Schule selbst bedingt sein können. Dieser Frage mußte in zweifacher Richtung nachgegangen werden: zum einen war zu überprüfen, ob die in der Grund- und Hauptschule angewandten Unterrichtsverfahren hinsichtlich ihrer Effizienz unter den gegebenen Möglichkeiten ein Optimum darstellen und somit sich ereignendes Schulversagen nicht verhindert werden kann, zum anderen mußte erkundet werden, inwieweit die Schule für Lernbehinderte ihrem Auftrag einer den Möglichkeiten des Schülers entsprechenden Vermittlung von Bildung nachzukommen vermag.

Beide Fragen sollten angesichts der vielfältigen Bemühungen, Forschungsarbeiten und Diskussionen als überflüssig, ja sogar als unsinnig angesehen werden. Die in der Unterrichtspraxis gewonnenen Erfahrungen des Verfassers haben nicht nur beide Fragen erst aufkommen lassen, sondern zugleich auch eine mögliche Tendenz der Richtung der Beantwortung aufgezeigt.

Um eine Überprüfung der Gültigkeit der vorläufigen Beantwortung der Fragen durchführen zu können, mußten diese präzisiert und konkretisiert werden. Die Konkretisierung erfolgte durch die Abstimmung der Fragen auf den Rechenunterricht, in dem nach allgemein vertretener Auffassung die lernbehinderten Sonderschüler mit besonderen Schwierigkeiten konfrontiert werden: die Bewältigung mathematischer Inhalte setzt Fähigkeiten voraus, in denen diese Schüler ein besonderes - nach bisheriger Auffassung weitgehend irreparables - Defizit aufzuweisen haben.

¹⁾ vgl. Hessische Bildungspläne 1972, S.6, HOFMANN 1961, S. 674, BLEIDICK und HECKEL 1968, S. 29

Die Entscheidung zur Überprüfung obiger Fragen am Beispiel mathematikdidaktischer Maßnahmen erfolgte des weiteren auf Grund der Verunsicherung der Lehrerschaft, die durch die bisherige Einschätzung der Leistungsfähigkeit von lernbehinderten Sonderschülern und den daraus abgeleiteten besonderen Erfordernissen ihrer Beschulung einerseits und durch die geforderte Einführung eines Mathematikunterrichts mit der besonderen Zielsetzung der Entwicklung der Denkfähigkeit andererseits geschaffen wurde. Die Diskussion der Frage der Einführung moderner Mathematik in Schulen für Lernbehinderte muß notwendig von der Erörterung und Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Schüler ausgehen. Eine Entscheidung für eine Revision des Rechenunterrichts beinhaltet somit auch ein Rütteln an den Fundamenten der bisherigen Didaktik der Schule für Lernbehinderte. In der bisherigen Erörterung des Problemkreises "moderne Mathematik in der Schule für Lernbehinderte" ist dieser Tatbestand entweder gar nicht erkannt oder in Kenntnis der hier aufgezeigten Konsequenzen bewußt nicht angesprochen worden.

Es wurde unsererseits demgegenüber die Auffassung vertreten, daß die Wissenschaftler und Praktiker, die von der Gültigkeit ihrer bisherigen Vorschläge überzeugt sind, eine eindeutige Stellungnahme gegen den Versuch abgeben müssen, Ziele im Mathematikunterricht anzustreben, die nach ihrer bisher vertretenen Meinung zu einer Überforderung der Schüler und zu zusätzlichen Frustrationen führen müssen. Da dies nicht geschieht, muß angenommen werden, daß die bisherigen Vorstellungen revidiert worden sind. Die Kenntnis der Konsequenzen, die die (nicht ausgesprochene) neue Einschätzung der mathematischen Leistungsfähigkeit der Schüler für die Unterrichtspraxis und damit wiederum für den Werdegang der Schüler hat, zwingt im Interesse des Schülers zu einer exakteren Überprüfung bisheriger hypothetischer Entscheidungen.

Die hier angesprochenen (und oben formulierten) Fragen wurden auf Grund

- der Erfahrungen des Verfassers in der Unterrichtspraxis,
- der mangelnden wissenschaftlichen Absicherung der didaktischen Entscheidungen der Schule für Lernbehinderte
- der Analyse gegenwärtiger didaktischer Modelle der Schule für Lernbehinderte, die Widersprüche sowohl zwischen den verschiedenen Modellen als auch innerhalb derselben aufzeigte

zunächst hypothetisch beantwortet.

Diese Hypothesen gingen von einer unter den gegebenen Möglichkeiten nicht optimalen Effizienz des Unterrichts aus, da unter anderem

1. in der Grund- und Hauptschule eine unzureichende Lernerfolgskontrolle und eine nicht optimale Strukturorientierung bei der Planung der Lernprozesse erfolgt,
2. in der Grund- und Sonderschule die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schüler bei Schuleintritt nicht ausreichend berücksichtigt werden - bei den vorliegenden strukturorientierten diagnostischen Hilfsmitteln ist dies wohl auch nicht möglich, -
3. in der Sonderschule auf Grund der Fehleinschätzung der Leistungsfähigkeit der Schüler weitgehend strukturdesorientiert unterrichtet wird,
4. die Auswahl der Methoden weitgehend intuitiv erfolgt und dabei häufig keine optimalen Entscheidungen getroffen werden.

Eine Überprüfung dieser Hypothesen an entsprechenden rechendidaktischen Entscheidungen führte zu einer Bestätigung aller hier genannten Annahmen.

Im einzelnen ließ sich nachweisen und entsprechend interpretieren

1. daß selbst ein so erprobtes Programm wie das TT - Programm "Dezimalrechnen" (LINDNER 1968), durch einen strukturorientierten Aufbau (bessere Abstimmung der objektiven Lernanforderungen und subjektiven Lernvoraussetzungen aufeinander, präziseres Herausstellen der Erkenntniselemente) in seiner Effizienz sehr bedeutsam verbessert werden kann.

- Da sich der programmierte Unterricht in einer großen Zahl vergleichender Untersuchungen gegenüber anderen Unterrichtsformen als effektiver - zumindest jedoch als gleich effizient - ausgewiesen hatte, kann allgemein von einer unzureichenden Wirksamkeit heutigen Unterrichts gesprochen werden. Sonderschulbedürftigkeit und Schulversagen kann somit unter anderem auch durch diesen Tatbestand erklärt werden.

- 2.1. daß das Lernziel "mengeninvariantes Verhalten"

- es stellt eine wesentliche Voraussetzung der Entwicklung des Zahlbegriffs dar - in den Lehrplänen und Unterrichtswerken kaum genannt und daher von den überprüften lernbehinderten Sonderschülern erst mit elf Jahren eine dem gesetzten Verhaltensmaßstab entsprechende Mengenkonstanz erlangt wird.

- Geht man wie PIAGET und LAUX von einer weitgehenden Bindung invarianten Verhaltens an ein bestimmtes Lebensalter und somit von einer nur in Grenzen möglichen Beeinflussung invarianten Verhaltens aus, so können aus den Ergebnissen zwei Konsequenzen abgeleitet werden: die Zahlen werden entweder erst nach Erreichen der Mengenkonstanz, also nach dem 10. Lebensjahr, eingeführt oder man läßt die Schüler unter Verzicht auf einen Erwerb des Zahlbegriffs bereits vorher "Zahloperationen" ausführen.

Die Sonderschule, die sich für die zweite Konsequenz entschieden hat, kann damit notwendig nur "mechanisches Rechnen" durch intensives Üben antrainieren. Es wird nicht oder nicht ausreichend in Betracht gezogen,

- 2.2. daß das variante Verhalten auch schwerer behinderter Kinder der Altersstufen 6 bis 10 kein unabwendbares Schicksal darstellt; mit Hilfe eines strukturorientierten "Programmes" konnte in der vorliegenden Untersuchung bei 31 von 35 Kindern in höchstens einer Stunde invariantes Verhalten erreicht werden.

- Wenn in den bisherigen rechendidaktischen Ansätzen der Schule für Lernbehinderte die Auffassung vertreten wird, daß der Zahlbegriff für Sonderschüler nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen erreichbar ist, so muß den Didaktikern und den von ihnen getroffenen Entscheidungen ein hohes Maß an Schuld an diesem Tatbestand zugesprochen werden.

3. daß es den Schülern der Schule für Lernbehinderte gegenwärtig kaum gelingt, die Struktur des Positionssystems zu erfassen, wodurch ein Erkennen strukturgleicher Items in verschiedenen Zahlbereichen nicht möglich ist.

- Nach bisheriger Auffassung zwingt die hier erkennbare Schwäche des Erfassens "rechnerisch-logischer Zusammenhänge" (Hessischer Bildungsplan) zu einer langsamen Erweiterung des Zahlbereichs in kleinsten Schritten, zu einem gesonderten Erlernen aller Items und damit zu einer Reduzierung des Zahlbereichs. Diese Maßnahme stellt jedoch ein Angehen einer Lernschwäche mit einem Faktor seiner eigenen Verursachung dar. Es konnte nämlich weiterhin aufgezeigt werden,

4. daß auch sogenannte lernbehinderte Sonderschüler mit Hilfe strukturorientierter Unterrichtsverfahren die Struktur des Positionssystems erfassen und damit

auch Items lösen können, die vorher nicht trainiert worden sind.

- Damit kann das bisherige synthetische strukturorientierte Vorgehen der Sonderschule für Lernbehinderte als der Entwicklung der mathematischen Leistungsfähigkeit der Schüler entgegenstehend bezeichnet werden. Die synthetischen, auf die Vermittlung von Kenntnissen abzielenden Verfahren sind somit auch in der Sonderschule für Lernbehinderte durch Erkenntnisse anstrebende strukturorientierte Vorgehensweisen abzulösen.

5. daß auch durch nicht optimale Entscheidungen im methodischen Bereich der Lernerfolg der Schüler negativ beeinflußt werden kann. So konnte

- die uneingeschränkte Anwendung des Prinzips der Anschauung durch alle Sinne als eine die Interiorisierung der Handlung nicht optimal fördernde,
- die Einführung der sogenannten mündlichen Addition und Subtraktion im Zahlbereich $Z > 20$ vor den entsprechenden schriftlichen Verfahren als eine die Struktur des Inhalts nicht beachtende,
- das Ausgehen von der linearen Anordnung der Elemente bei der Klassifizierung der Mengen nach ihrer Zahl-eigenschaft als eine den Schwierigkeitsgrad nicht berücksichtigende

Maßnahme ermittelt werden.

-Sieht man diese Ergebnisse im Zusammenhang mit denen, die einen Hinweis darauf liefern, daß es die Schule den Schülern nicht ermöglicht, nach unter den gegebenen Möglichkeiten optimalen Verfahren zu lernen, den Zahlbegriff zu erwerben und das Positionssystem zu erfassen, so kann man die bisher als besondere Schwäche der Schüler interpretierten Minderleistungen im Rechenunterricht als solche ansehen, die wesentlich durch unpräzise, vage und ungesicherte didaktische Entscheidungen mitbedingt sind. Nicht das Versagen der Schüler sollte daher künftig in den Mittelpunkt der didaktischen Erörterungen der Schule für Lernbehinderte gestellt werden, sondern das eindeutige Versagen

der Schule. Von besonderer Bedeutung ist hierbei unseres Erachtens nicht alleine der Tatbestand, daß die Leistungen der Schüler im Unterrichtsfach "Rechnen" negativ beeinflußt werden, sondern nach dem bisherigen Vorgehen zugleich auch die Fähigkeiten nicht trainiert werden, die für eine Emanzipation erforderlich und wohl auch den sogenannten Lernbehinderten möglich sind. Es zeigte sich nämlich in einer abschließenden Untersuchung, die von der Hypothese einer besseren Förderung der Schüler ausging - vorausgesetzt, die hier aufgezeigten Fehler werden vermieden - ,

6. daß strukturorientiert unterrichtete Schüler gerade in den Untertests des HAWIK einen besonderen Zuwachs zu verzeichnen haben, in denen bisher ein besonderes Leistungsdefizit aufweisbar war.
 - Die bisherige Interpretation der Verursachung dieser Minderleistungen durch besondere Leistungsschwächen des behinderten Sonderschülers im Erkennen von Zusammenhängen und in der Abstraktion muß somit als wahrscheinlich nicht angemessen bezeichnet werden. In Anbetracht der in der vorliegenden Untersuchung aufgezeigten Insuffizienz gegenwärtiger Didaktik der Schule für Lernbehinderte ist bei den zur Verfügung stehenden diagnostischen Hilfsmitteln keine Aussage darüber zu treffen, inwieweit und mit welchen Anteilen eine schulische Leistungsschwäche durch eine besondere Anlageschwäche des Schülers, durch eine mangelnde Förderung durch die häusliche Umwelt oder durch inadäquate didaktische Entscheidungen der Schule begründet ist. Es scheint daher auch unverantwortlich, bei der Lehrplangestaltung alleine von einer reduzierten und qualitativ veränderten Bildsamkeit des lernbehinderten Sonderschülers (vgl. Hess. Bildungsplan 1962) oder von den unter den gegenwärtigen Bedingungen gezeigten Leistungen der Schüler (BLEIDICK 1966/1975) auszugehen und die schulische Bedingung des Leistungsversagens unberücksichtigt zu lassen.

6. A u s b l i c k

Will die Sonderschule für Lernbehinderte ihrem Anspruch einer den Möglichkeiten der Schüler entsprechenden Vermittlung von Bildung nachkommen, so muß sie ihre gegenwärtigen didaktischen Grundthesen aufgeben.

Eine neue Didaktik muß gekennzeichnet sein durch

1. eine Änderung der Einschätzung der Leistungsfähigkeit der "Sonderschüler" und damit durch eine Ablehnung von außen festgelegter und nach oben begrenzter Zielsetzungen,
2. die Einschränkung der allgemeinen und unpräzisen Empfehlungen (Prinzipien) für eine an den Leistungsschwächen der Schüler sich orientierende Unterrichtsplanung und -gestaltung, da durch sie die Behinderung verstärkt wird,
3. eine Ergänzung der bisherigen Anpassungsziele durch die Intention der optimalen Entwicklung der Fähigkeiten, die ein emanzipatorisches Verhalten ermöglichen,
4. die hierzu notwendige exakte Abstimmung der Elemente und Methoden auf das Kenntnis- und Erkenntnisplateau der Kinder mittels der Strukturfeld- und Strukturvorfeldanalyse und eines Vorgehens an Strukturaufbauten: hierdurch wird die Beseitigung der ständigen Über- und Unterforderung und damit eine optimale Organisation der Lernprozesse ermöglicht (Abbau der "organisierten Behinderung"),
5. die Ablehnung bisher geforderter Voraussetzungen für die Mitarbeit in der Grund- und Hauptschule (vgl. Hess.Bildungsplan), die für einen großen Teil der Schüler auf Grund deren ungünstiger Umwelt erst

Ziel dieser Schule sein können und sein müssen, wenn man von dem Prinzip der Chancengleichheit ausgehen und nicht soziale Benachteiligung manifestieren oder gesellschaftsspezifische Mängel als solche bestimmter Schülergruppen ansehen will,

6. eine Ablösung bisheriger hypothetischer didaktischer Entscheidungen zugunsten empirisch fundierter Erkenntnisse,
7. die teilweise Auflösung der Klassenverbände und die Gewährleistung des Lernens nach an Strukturaufbauten orientierten Lernzielfolgen, nach einem dem Schüler gemäßen Tempo und nach den Schüler gemäßen, empirisch fundierten Methoden.

Diese im Interesse einer zumindest teilweisen Verwirklichung der Chancengleichheit der als lernbehindert diagnostizierten Schüler erforderliche grundlegende Revision der Didaktik ist nur mittels einer gezielten Forschung und einer Zusammenarbeit aller in diesem Bereich tätigen Theoretiker und Praktiker optimal möglich. Es bleibt zu hoffen, daß diese Voraussetzungen künftig besser erfüllt werden. Die Einrichtung einer zentralen Forschungsstelle, die sich die Aufgabe einer Planung und Koordination aller Forschungstätigkeiten stellt, scheint hierfür die unabdingbare Voraussetzung zu bilden.

7. Literaturverzeichnis

- ABE, J., PROBST, H.,
u.a.: Kritik der Sonderpädagogik. Gießen
1973
- ABEL, H. u.a. (Hrsg.): Rechenunterricht und Zahlbegriff.
Braunschweig 1967
- AEBLI, H.: Didaktische Auswertung der Psychologie
von J. Piaget. Stuttgart 1963
- ALTSTAEDT, Ingeborg: Zur Theorie und Praxis der Lernbehin-
derten-Pädagogik aus Sicht der kritisch-
dialektischen Erziehungstheorie. In:
Jantzen, W. (Hrsg.): Theorie und Praxis
der Behindertenpädagogik. Gießen 1974,
S.85-193
- BACH, H.: Möglichkeiten und Grenzen eines Systems
der Fördererziehung. Z.f.Heilpäd. 1971,
S.172-183
- BACH, H.: Unterrichtslehre L. Berlin 1971
- BACH, H.: Sonderpädagogik im Grundriß. Berlin-
Charlottenburg 1975
- BACHMAIR, G.: Unterrichtsanalyse. Weinheim/Basel 1974
- BAGUS, G.: Untersuchung der Anwendbarkeit eines
neuen didaktischen Modells. Unveröff.
Examensarbeit zur 2. Staatsprüfung.
Eiterfeld 1970.
- BAGUS, G. u.H. MÜLLER: Untersuchung und Training mengeninvarian-
ten Verhaltens bei lernbehinderten Son-
derschülern der Altersstufen 8, 9, 10
und 11. Unveröff. Examensarbeit f.d.
Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1974
- BASLER, Frauke: Führt der Besuch einer Sonderschule für
Lernbehinderte zu einer Erhöhung der
Intelligenz? . Z.f.Heilpäd., 1972, H.7,
S.451-460
- BASLER, Frauke u.
H.-D. BASLER: Führt der Besuch einer Sonderschule für
Lernbehinderte zu einer Erhöhung der
Intelligenz? . Z.f.Heilpäd., 1973, H.1,
S.12-15
- BECK, J. u.a.: Erziehung in der Klassengesellschaft.
München 1970
- BEGEMANN, E.: Die Bildungsfähigkeit der Hilfsschüler.
Berlin 1968

- BEGEMANN, E.: Die Erziehung soziokulturell benachteiligter Schüler. In: Blumenthal/Ostermann (Hrsg.): Auswahl, Reihe B. Hannover 1970
- BEILIN, H.: Learning and operational convergence in logical thought development. In: Sigel u. Hooper (Hrsg.): Logical thinking in children. Research based on Piaget's theory. New York 1968
- BEILIN, H., KAGAN, J. u. T. RABINOWITZ: Effects of verbal and perceptual training on water level representation. In: Child development, 1966, Nr.37, S.317-328
- BERG, K.-H.: Lernbehinderung und Intelligenz. Schriften zur Sonderpädagogik, Heft 2, Bonn-Bad Godesberg 1969
- BERG, K.H.: Lernbehinderte Kinder und ihre Verhaltensgrundformen. Berlin 1969
- BERGIUS, R.: Psychologie des Lernens. Stuttgart 1972, 2.Aufl.
- BERNART, E.: Bildungsplan für Hilfsschulen. Berlin 1962
- BERNART, E.: Die Unterstufe der Hilfsschule. Berlin 1961
- BERNSTEIN, B. u.a.: Lernen und soziale Struktur. Aufsätze 1965-1970. Amsterdam 1970
- BESCHEL, E.: Der Eigencharakter der Hilfsschule. Weinheim 1960
- BESUDEN, H.: Nur ein Arbeitsmittel im Mathematikunterricht der Grundschule? In: Westermanns Päd. Beitr., 1969, H.4, S.207-212
- BILDUNGSPLAN der Sonderschule für lernbehinderte Kinder und Jugendliche in Baden-Württemberg. Stuttgart 1968
- BILDUNGSPLAN, Hessischer, der Schule für Lernbehinderte. Wiesbaden 1962
- BIRKEL, A.: Der sachkundliche Unterricht. Grundsätze, Arbeitsformen und Unterrichtsbeispiele. Villingen 1969
- BLANKERTZ, H.: Theorien und Modelle der Didaktik. München 1970, 3.Aufl.
- BLEIDICK, U.: Zur Psychologie des Hilfsschulkindes. Schule u. Psychologie, 1963, S.161-175 u. S.203-210

- BLEIDICK, U.: Didaktik der Hilfsschule (Sonderschule für Lernbehinderte). In: Heese/Wegener (Hrsg.): Enzyklopädisches Handbuch der Sonderpädagogik, 1965, Sp. 609-633
- BLEIDICK, U.: Rechenleistungen in Hilfsschulen und das Problem der Rechendidaktik. In: Z.f. Heilpäd., 1966, H.9, S.409-426
- BLEIDICK, U. u. G. HECKEL: Praktisches Lehrbuch des Unterrichts in der Hilfsschule. Berlin 1968
- BLEIDICK, U.: Curriculumforschung und Curriculumentwicklung im Bereich der Lernbehindertenpädagogik. In: Z.f.Heilpäd., 1972, H.6, S.393-407
- BLEIDICK, U.: Empirische Untersuchungen der Rechenleistungen von Lernbehinderten im Hinblick auf die Didaktik des Rechenunterrichts. In: Kanter, G.O., H. Langenohl (Hrsg.): Didaktik des Mathematikunterrichts. Berlin 1975, S.1-25
- BODDENBERG, E.: Mathematik-Didaktik der Vor- und Grundschule. Ratingen 1973
- BORGARDS, W.: Methodische Behandlung der Rechenschwäche. Berlin-Charlottenburg 1960
- BRACKEN, H., von: Entwicklungsgestörte Jugendliche. München 1965
- BRINKMANN, H.: Rechne so. Ratingen o.J.
- BRÖSE, B.: Geistige Aktivierung von Intelligenzgeminderten. Berlin (DDR) 1971
- BRUNER, J.S.: The course of cognitive growth. Amer. Psychologist 1964
- BRUNER, J.S.: Toward a theory of instruction. Cambridge, Mass. 1966a
- BRUNER, J.S. et al.: Studies in Cognitive Growth. New York 1966
- BRUNER, J.S.: Bereitschaft zum Lernen. In: Weinert, F. (Hrsg.): Päd. Psychol. Köln 1968, S.105-117
- BRUNER, J.S.: Die Wichtigkeit der Struktur. In: Tütken, H. u. K. Spreckelsen (Hrsg.): Zielsetzung und Struktur des Curriculum. Frankfurt 1970. (Übersetzung des Beitrags: The Process of Education 1960)
- BRUNER, J.S.: Entwurf einer Unterrichtstheorie. Berlin 1974

- BRYANT, P.: Perception and understanding in young children. London 1974
- BUTH, M.: Zahlen in Stellenwertsystemen. Hamburg 1973
- CHERIS, B.: On comparing programming and other teaching methods. In: Journal of medical education. Bd. 39, 1964, S.304-310
- CHURCHILL, Eileen, M.: Die Zahlbegriffe von kleinen Kindern. In: Riess, A.(Hrsg.): Psychologie der Zahl. München 1973
- CLAUSS, G. u.H. EBNER: Grundlagen der Statistik für Psychologen, Pädagogen, Soziologen. Zürich 1971
- CORDT, W.K.: Revolution oder "New Look" in der Erziehung? . In: Roth, H. u. A. Blumenthal (Hrsg.): Der programmierte Unterricht. Auswahl, Reihe A, 1969, H.5, S.108-116
- CORRELL, W.: Aspekte des programmierten Lernens. In: Skinner, B.F. u. W. Correll: Denken und Lernen. Braunschweig 1969a, 2. Aufl., S. 61-163
- CORRELL, W.: Programmiertes Lernen und schöpferisches Denken. München 1969b, 4.Aufl.
- CORRELL, W.: Vierjährige lernen lesen. In: Skinner, B.F. u. W. Correll: Denken und Lernen. Braunschweig 1969c, 2. Aufl., S.133-163
- CORRELL, W.: Lernen und Verhalten. Grundlagen der Optimierung von Lernen und Lehren. Frankfurt 1972, 3. Aufl.
- CUBE, F.,v.: Kybernetik und Pädagogik. In: Pädagogik (Fischer-Lexikon). Frankfurt 1964
- CUBE, F.,v.: Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens. Stuttgart 1968
- CUBE, F.,v.: Was ist Kybernetik?- München 1971, 4. Aufl.
- CUBE, F.,v.: Der informationstheoretische Ansatz in der Didaktik. In: Ruprecht, H., H.-K. Beckmann, F.v.Cube, W. Schulz: Modelle grundlegender Didaktik. Hannover 1972, S.117-154

- DALLMANN, G., u.
P. HEYER (Hrsg.): Mathematikunterricht in der Grund-
schule. Weinheim 1970
- DEHM, D.(Hrsg.): Schulreport. Frankfurt 1971, 3.Aufl.
- DEHM, D.: Schülerrevolte und Reformismus. In:
D. Dehm (Hrsg.): Schulreport. Frank-
furt 1971, S.59-146
- DEUTSCHER BILDUNGSRAT: Sonderpädagogik 3. Gutachten und
Studien der Bildungskommission 34.
Stuttgart 1974
- DIENES, Z.P.: Moderne Mathematik in der Grundschule.
Freiburg 1968
- DIENES, Z.P., u.
M.A. JEEVES: Struktur und Transfer. Freiburg i.B.
1972
- DORSCH, F.: Psychologisches Wörterbuch. Berlin-
Wilmersdorf 1963
- DOWE, G., u.a.(Hrsg.): Psychologische Studententexte Unterstufe.
Berlin 1972
- DRALLE, W.: Erfahrungen mit einem Jahrgangspro-
gramm. In: B. Rollet (Hrsg.): Praxis
und Theorie des programmierten Unter-
richts. Stuttgart-München 1970, S.70-73
- DREVER, J. u.
W.D. FRÖHLICH: Wörterbuch zur Psychologie. München
1969, 2. Aufl.
- EDWARDS, A.L.: Versuchsplanung in der psychologischen
Forschung. Weinheim-Berlin-Basel 1971
- ENNENBACH, W.: Prototypen des Lernens und Unterrich-
tens. 58. Beiheft der Zeitschrift
"Schule und Psychologie". München-Basel
1970
- FIEBIG, H. u.
JUNGHANS, H.: Rechnen mit Wurzeln. Braunschweig o.J.
- FIEBIG, H. u.
H. JUNGHANS: Rechnen mit Logarithmen. Braunschweig
o.J.
- FIEBIG, H. u.
H. JUNGHANS: Rechnen mit Potenzen. Braunschweig o.J.
- FISCHER, M.: Die innere Differenzierung des Unter-
richts in der Volksschule. Weinheim
1962
- FLECHSIG, K.-H.: Programmierter Unterricht als pädagogi-
sches Problem. In: H. Roth. A. Blumen-
thal (Hrsg.): Der programmierte Unter-
richt. Auswahl, Reihe A, 1969, H.5,
S.59-101

- FLOER, J. u. M. MÖLLER: Mathematikunterricht für Lernbehinderte. In: Sonderpädagogik, 1975, H.3, S. 97-104
- FRANK, H. u. B.S.MEDER: Einführung in die kybernetische Pädagogik. München 1971
- FREISEWINKEL, Christa: Untersuchung zur Mengeninvarianz bei lernbehinderten Sonderschülern der Altersstufen 6, 7, 8 und 9. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- FREY, H.: Intelligenz und mathematische Leistung. Freiburg i.B. 1973
- FRICKE, A. u. H. BESUDEN: Operatives Rechnen. Stuttgart o.J.
- FRICKE, A.: Operatives Denken im Rechenunterricht als Anwendung der Psychologie von Piaget. In: H. Abel u.a. (Hrsg.): Rechenunterricht und Zahlbegriff. Braunschweig 1967, S.73-104
- FRICKE, A. u. H. BESUDEN: Mathematik, Elemente einer Didaktik und Methodik (Der Unterricht in der Grundschule). Stuttgart 1970
- FRÖHLICH, W.: Forschungsstatistik. Bonn 1965
- FRUHMANN, Angela: Untersuchung zur Mengeninvarianz bei lernbehinderten Sonderschülern der Altersstufen 6, 7, 8 und 9. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- GAGNÉ, R.M.: Problem solving. In: Melton, A.W. (Hrsg.): Categories of human learning. New York 1964
- GAGNÉ, R.M.: Die Bedingungen des menschlichen Lernens. Berlin 1969, 1. Aufl.
- GALPERIN, P.J.: Die geistige Handlung als Grundlage für die Bildung von Gedanken und Vorstellungen. In: Dowe, G., u.a. (Hrsg.): Psychologische Studentexte Unterstufe. Berlin (DDR) 1972, S.128-138
- GAMM, H.J.: Kritische Schule. Eine Streitschrift für die Emanzipation von Lehrern und Schülern. München 1970
- GAST, H.: Der Umgang mit Zahlen und Zahlengebilden in der frühen Kindheit. Zeitschr. f. Psychol. 1957, S.1-90
- GAST, H.: Zur Frage der Mengenunterscheidung bei 3-8jährigen Kindern. In: Psychologie der Zahl. München 1973, S.44-46

- GATHEN, H.: Neue Mathematik in der Schule für Lernbehinderte (Sonderschule) - Anmerkungen zum Anfangsunterricht. In: Sachunterricht und Mathematik in der Grundschule, 1974, H.11
- GEHRECKE, S.: Hilfsschule heute. Krise oder Kapitulation. Berlin 1971
- GLEASON, D.: Programmed learning in the sixth grade arithmetic. AERA-Paper, University of Wisconsin, Milwaukee 1964
- GLOCKNER, H.: Gedanken über eine neue Grundlegung des Rechenunterrichts nach Hegelscher Methode. Oldenburg 1931
- GOLL, P.: Mathematik, mathematische Logik, Mengenlehre, Zahlbereiche. Berlin 1972
- GRIESEL, H.: Überlegungen zu den mathematischen und psychologischen Grundlagen des Rechenunterrichts in der Grundschule. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 1969, Teil 1, Hannover 1970
- GRIESEL, H.: Stand und Tendenz der Fachdidaktik Mathematik in der Bundesrepublik Deutschland. Zeitschr.f.Pädagogik, 1975, H.1, S.19-31
- GRUEN, G.E.: Experiences affecting the development of number conservation in children. Abgedruckt in: Sigel u. Hooper, 1968, S.339-355
- GRUNWALD, A.: Kritische Anmerkungen zu den "sonderpädagogischen Prinzipien in der Lernbehindertenschule". In: Sonderpädagogik, 1974, H.1, S.5-11
- GULLASCH, R.: Denkpsychologische Analysen mathematischer Fähigkeiten. Berlin (DDR) 1973
- GUTBIER, W.: Untersuchung zur Mengenerfassung bei Grund- und Sonderschülern. Unveröff. Examensarbeit f.d.Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1972
- GUTHKE, J.: Zur Diagnostik der intellektuellen Lernfähigkeit. Berlin 1972
- HARTLEY, J.: Research report. In: New Education. 1966, Bd.2, S.29-35
- HECHINGEN, F.M.: Vorschulerziehung als Förderung sozialbenachteiligter Kinder. Stuttgart 1970

- HEILMANN, W.: Wörterbuch der Psychologie. Stuttgart 1959
- HEILAND, H.(Hrsg.): Didaktik. Bad Heilbrunn 1968
- HEIMANN, P., G. OTTO u. W. SCHULZ: Unterricht - Analyse und Planung. Hannover 1968, 3. Aufl.
- HELLER, K. u. B. ROSEMAN: Planung und Auswertung empirischer Untersuchungen. Stuttgart 1974
- HEMMER, K.-P.: Der Zahlbegriff im Vorschulalter. Weinheim 1972
- HEILE, P.M., van: Piagets Beitrag zu unserer Einricht in die kindliche Zahlbegriffsentwicklung. In: Abel, H. u.a. (Hrsg.): Rechenunterricht und Zahlbegriff. Braunschweig 1967, S.105-131
- HILLGARD, E.R.: Kernprobleme der Lernpsychologie und des programmierten Lernens. In: Roth, H. u.A. Blumenthal (Hrsg.): Der programmierte Unterricht, 1969, S.29-41
- HOFMANN, W.: Besondere Fragen der Hilfsschule. In: Handbuch der Lehrer, Bd.2, hrsg. von A. Blumenthal u.a., Gütersloh 1961, S. 673-688
- HOOD, B.: An experimental study of Piaget's theory of the development of number in children. In: British Journal of Psychology, 1962, S.273-286
- HORN, W.: Begabungstestsystem BTS. Göttingen 1972, 2. Aufl.
- HUBER, G.: Lernpsychologische Befunde bei programmierter Unterweisung. München 1966
- HUISKEN, F.: Zur Kritik bürgerlicher Didaktik und Bildungsökonomie. München 1972
- INHOLDER, B. u. Hermina SINCLAIR: Das Lernen kognitiver Strukturen. In: Pädagog. Psychologie, Bd.1, hrsg.v. C.F. Graumann u. H. Heckhausen. Frankfurt 1973
- JAHNKE, H.N., STEINBRING, H. u. D. VOGEL: Zur Problematik der Zahlbegriffsentwicklung 1. In: Zeitschr.f.Pädagogik, 1975, H.1, S.1-18
- JANTZEN, W.(Hrsg.): Theorie und Praxis der Behindertenpädagogik. Gießen 1974
- JUNGJOHANN, E.E.: Soziokulturelle Faktoren der Lernbehinderung. - Ist Dummheit angelernt?. Berlin 1974

- KANTER, G.: Neuere Ergebnisse der Entwicklungspsychologie und die Konsequenzen für die Didaktik und Methodik der Sonderschule für Lernbehinderte. Zeitschr.f.Heilpäd. 1970, S.248-264
- KANTER, G.: Lernbehinderungen, Lernbehinderte, deren Erziehung und Rehabilitation. In: Deutscher Bildungsrat: Sonderpädagogik 3, 1974, Stuttgart, S.117-234
- KANTER, G.: Bildungsreform und Sonderschule. Zeitschr.f.Heilpäd. 1975, H.9, S.493-505
- KANTER, O. u. H. LANGENOHL (Hrsg.): Didaktik des Mathematikunterrichts. Berlin 1975
- KASZTANTOWICZ, U.: Erziehen und Heilen. Donauwörth 1966
- KEMMLER, Lilly: Erfolg und Versagen in der Grundschule. Göttingen 1967
- KESELING, G.u.a.: Sprach-Lernen in der Schule. Köln 1974
- KLAFKI, W.: Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In: Die Deutsche Schule, 1958, H.10, S.450-471
- KLAFKI, W.: Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung. Weinheim-Berlin 1959
- KLAFKI, W.: Didaktik. In: Neues Pädagogisches Lexikon. Stuttgart 1971, 5. Aufl.
- KLAFKI, W.: Dialektisches Denken in der Pädagogik. In: Schaller, K.(Hrsg.): Erziehungswissenschaft und Erziehungsforschung, Hamburg 1968a, S.102-103
- KLAFKI, W.: Die didaktischen Prinzipien des Elementaren, Fundamentalen und Exemplarischen. In: Heiland, H.(Hrsg.): Didaktik, 1968b, S.64-83
- KLAFKI, W.: Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim 1965
- KLAUER, K.J.: Programmierter Unterricht in Sonderschulen. Berlin-Charlottenburg 1964
- KLAUER, K.J.: Lernbehindertenpädagogik. Berlin-Charlottenburg, 1967, 2.Aufl., 1968, 3.Aufl.

- KLAUER, K.J.: Rechenunterricht in der Hilfsschule (Sonderschule für Lernbehinderte). In: Heese, G., H. Wegener (Hrsg.): Enzyklopädisches Handbuch der Sonderpädagogik. 1969, 3. Aufl., Bd.3, Sp. 2714-2717 u. 2723-2737
- KLAUER, K.J.: Lernen und Intelligenz. Weinheim 1969
- KLAUER, K.J.: Die Zukunft der Sonderschule. Z.f.Heilpäd. 1973, H.11, S.927-940
- KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik, Bd.1. Frankfurt/Main 1971, 2. Aufl.
- KLEIN, G.: Kritische Analyse gegenwärtiger Konzeptionen der Sonderschule für Lernbehinderte. Sonderpädagogik, 1971, H.1, S.1-13
- KLEIN, G.: Die Frühförderung potentiell lernbehinderter Kinder. In: Muth, J.(Hrsg.): Sonderpädagogik 1, Gutachten und Studien der Bildungskommission. Stuttgart 1973, S.151-183
- KLOTZ, G.: Programmierter Unterricht - ein Verfahren für morgen. München 1969
- KRAPP, A.: Bedingungen des Schulerfolgs. München 1973
- KÜHNEL, J.: Neubau des Rechenunterrichts. Leipzig 1916, 1. Aufl. Bad Heilbrunn 1959, 10. Aufl.
- KUTZER, R.u.a.: Über das Erfordernis einer Neuorientierung der Didaktik der Schule für Lernbehinderte unter dem Aspekt der Emanzipation. In: Abé, I., H. Probst u.a. Kritik der Sonderpädagogik, Gießen 1973a
- KUTZER, R.: Die Erarbeitung des Zahlenraums im Sinne der Strukturaufbauten - Strukturelemente und methodische Hinweise. In: Behindertenpädagogik in Hessen, 1973c, H.2, S.2-11
- KUTZER, R.: Stellt die Einteilung der Lehrpläne nach Zahlenräumen eine der Sachstruktur entsprechende und dem Lernprozeß fördernde didaktische Maßnahme dar? In: Behindertenpädagogik in Hessen, 1973b, H.1, S.10-22
- LANDA, L.N.: Das Problem der Vermittlung von Denkmethoden an die Schüler. In: Dowe, G.u.a. (Hrsg.): Psychologische Studentexte Unterstufe. Berlin (DDR) 1972, S.152-166

- LANGENOHL, H.: Die operative Methode der Zahlbegriffsgewinnung im Unterricht lernbehinderter Schüler. Z.f.Heilpäd., 1966, H.9, S.427-436
- LANGENOHL, H.: Prinzipien der Lehrstoffauswahl für den Unterricht lernbehinderter Schüler. Z.f. Heilpäd. 1972, H.12, S.815-829
- LAUX, J.: Die Bildung des Zahlbegriffs in den ersten drei Schuljahren. Stuttgart 1971
- LAUX, J. u. H. BIGALKE: Einführung in die Mathematik (1. Schuljahr), Lehrerband. Frankfurt 1972
- LAWRENCE, Evelyn: Zahlbegriffe des Kindes. In: Riess, A. (Hrsg.): Psychologie der Zahl. München 1973
- LEHRPLÄNE für die Schulen für Lernbehinderte in Bayern. 1971
- LEHRPLÄNE für den achsstufigen allgemeinbildenden polytechnischen Schulteil der Hilfsschule. Berlin 1964
- LEHRPLÄNE, Hessische. 1957
- LENNE, H.: Analyse der Mathematikdidaktik in Deutschland. Stuttgart 1969
- LEONTJEW, A.N.: Zur Theorie der psychischen Entwicklung des Kindes. In: Dowe, G.u.a. (Hrsg.): Psychologische Studentexte Unterstufe. Berlin (DDR) 1972, S.80-81
- LESEMANN, G.: Hilfsmittel für den Rechenunterricht in Sonderschulen. Z.f.Heilpäd., 1960a, H.7/8, S.353-361
- LESEMANN, G.: Gibt es eine "Sonderpädagogische Didaktik"? Z.f.Heilpäd., 1960b, S.533-541 u. S.581-596
- LIENERT, G.A.: Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Meisenheim am Glan 1962
- LINDNER, H.: TT-Programm Dezimalrechnen. Lehrerbeigleitheft. Stuttgart 1967
- LÖWE, H.: Probleme des Leistungsveragens in der Schule. Berlin 1972
- LOHMANN, D.: Dialektisches Lernen. Stuttgart 1973
- LOMPSCHER, J.: Die Intensivierung des Lernens erfordert eine intensivere geistige Erziehung. In: Pädagogik, 1963, H.1
- LOMPSCHER, J.: Über einige Bedingungen der geistigen Entwicklung im Matheematikunterricht der Unterstufe. In: Pädagogik, 4. Beiheft 1963, S.1-21

- LOMPSCHER, J.(Hrsg.): Probleme der Ausbildung geistiger Handlungen. Berlin 1972
- LUCHINS, A.S.: Mechanisierung beim Problemlösen. In: Graumann, C.F.(Hrsg.): Denken. Köln-Berlin 1965, S.171-190
- LÜCKERT, H.R.: Wie kleine Kinder lesen lernen. Freiburg i.B. 1967
- LÜCKERT, H.-R.: Sprachentwicklung und Lesenlernen. In: Schule u. Psychologie, 1968, H.6/8
- MAIER, H.: Didaktik der Mathematik 1-9. Donauwörth 1970
- McCALL, W.A.: How to experiment in education. New York 1923
- McMANIS, D.: Conservation of identity and equivalence of quantity by retardates. In: Journal of Genetic Psychology, 1969, H.115, S.63-69
- MANNIX, J.B.: The number concepts of a group of E.S.N. children (summary). In: British Journal of Educational Psychology, 1960, H.30, S.180-181
- MAY, H.J. u. A. ENGEL: Analyse der Rechenleistung von Sonderschülern 3.-9. Schuljahr. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- MEILI, R.: Die Zwiespältigkeit faktorieller Untersuchungen der Intelligenzstruktur. Z.f.exp. u. angew. Psych., 1969, H.2, S.278-294
- MESSERLE, G.: Fit in Mathematik. Freiburg i.B. 1973
- MEYER, E. (hrsg.): Unterrichtsprogramme - Didaktische Studien. Stuttgart 1968
- MEYER, H.: Ein Rechenbuch für die deutschen Schulen als Probe angewandter Logik. Oldenburg 1930
- MILLER, D.M., WILEY, D.E. u. P. LAMBERT: An experimental study of the effect of instructional method on the aquisition, retention and transfer of English punctuation skills. University of Wisconsin 1964
- MITSCHKA, A.: Schülerleistungen im Rechnen zu Beginn der Hauptschule. Berlin 1971
- MITTENECKER, E.: Planung und statistische Auswertung von Experimenten. Wien 1966, 6. Aufl.

- MÖCKEL, A.: Konzeptionen der Didaktik in der Geschichte der Hilfsschule. Z.f. Heilpäd., 1970, S.237-247
- MÖCKEL, A.: Von der Hilfsschule zur Sonderschule für Lernbehinderte - Zum Strukturwandel in der Hilfsschule. In: Möckel, A. (Hrsg.): Sonderschule im Wandel, Pädagogik, Psychologie, Didaktik. Festschrift für Wilhelm Hofmann, 1971, S.203-216
- MONTADA, L.: Über die Funktion der Mobilität in der geistigen Entwicklung. Stuttgart 1968
- MONTADA, L.: Die Lernpsychologie Jean Piagets. Stuttgart 1970
- MOROSOWA, N.G.: Die Besonderheiten und die Herausbildung mathematischer Vorstellungen bei schwachsinnigen Vorschulkindern. In: Die Sonderschule, 1975, 2. Beiheft, S.6-17
- MÜNZINGER, W.: Moderne Mathematik, Gesellschaft und Unterricht. Weinheim-Berlin-Basel 1971
- MUTH, J.(Hrsg.): Sonderpädagogik 1, Gutachten und Studien der Bildungskommission 25. Stuttgart 1973
- NEANDER, J.: Mathematik und Ideologie. Zur politischen Ökonomie des Mathematikunterrichts. Starnberg 1974
- NEUNZIG, W. u. P. SORGER: Wir lernen Mathematik. Freiburg i.B. o.J.
- NIEMEYER, H.: Die Zuordnung von Krathwohls Taxonomie zu Bildungsinhalten der Lernbehindertendidaktik. In: Sonderpädagogik, 1974, H.1, S.35-40
- OEHL, W. u. PALZKILL: Die Welt der Zahl. Darmstadt o.J.
- PADBERG, F.: Elementare Zahlentheorie. Freiburg i.B. 1972
- PARREREN, C.F.,van: Lernen in der Schule, Weinheim 1971, 3.Aufl.
- PIAGET, J. u. A. SZEMINSKA: La genèse du nombre chez l'enfant. Neuchâtel 1941.
Deutsche Übersetzung: Die Entstehung des Zahlbegriffs beim Kinde. Stuttgart 1965

- PIAGET, J.: Die Genese der Zahl beim Kind. In: Abel, H., u.a. (Hrsg.): Rechenunterricht und Zahlbegriff. Braunschweig 1967, 3. Aufl., S.50-72
- PICKER, B.: Kindliches Denken und mathematische Strukturen. In: Die Grundschule, 1974, H.9, S.463-469
- PIPPIG, G.: Zur Entwicklung mathematischer Fähigkeiten. Berlin (DDR) 1971
- POHL, R.: Der Lernbehinderte im gegenwärtigen Schulsystem. Z.f.Heilpäd., 1971, H.2, S.99-114
- RAHMENRICHTLINIEN des Landes Hessen. Primarstufe. 1972
- RAUH, H.: Entwicklungspsychologische Analyse kognitiver Prozesse. Weinheim-Basel 1972
- REHM, H., Margit MAAS: Mengeninvarianz, Intelligenz und Rechenleistung bei lernbehinderten Sonderschülern der Altersstufen 7 und 8. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1975
- RESAG, K.: Die Bildung des Zahlbegriffs beim Kind. In: Abel, H., u.a. (Hrsg.): Rechenunterricht und Zahlbegriff. Braunschweig 1967, S.23-49
- RICHTLINIEN für die Erziehung und den Unterricht an Sonderschulen für Lernbehinderte. Freie Hansestadt Hamburg. Hamburg 1971
- RICHTLINIEN für die Schulen in Niedersachsen - Schulen für Lernbehinderte. 1972
- RICHTLINIEN und Lehrpläne für die Schule für Lernbehinderte (Sonderschule) in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf 1973
- RICHTLINIEN für den Unterricht in der Sonderschule für Lernbehinderte (Rheinland-Pfalz). 1967
- RIESS, Anita: Psychologie der Zahl. München 1973
- RINKENS, H.D.: Abstraktion und Struktur - Grundbegriffe der Mathematikdidaktik. Ratingen 1973
- ROE, A., MASSEY, M., WELTMANN, G. u. D. LEEDS: Automated teaching methods using linear programs. Report Nr.60-105, December 1960. Department of Engineering. Univ. of California, Los Angeles 1960

- ROELOFFS, Inge: Untersuchung zur Erfassung der Mächtigkeit von Mengen mit unterschiedlich geordneten Elementen mit Kindern des 3. u. 4. Schulbesuchsjahres der Grund- und Sonderschule. Unveröff. Examensarbeit f. d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1971
- ROSENTHAL, R.: Experimenter effects in behavioral research. New York 1966
- ROTH, H.: Psychologie des Lehrens und Lernens. Hannover 1965
- ROTH, H. u. A. BLUMENTHAL (Hrsg.): Begabung und Begabtenförderung, Auswahl Reihe A. Hannover 1968
- ROTH, H.: Begabung als Problem der Forschung. In: Roth, H., A. Blumenthal (Hrsg.): Begabung und Begabtenförderung, Auswahl Reihe A. Hannover 1968, S.22-34
- ROTH, H. u. A. BLUMENTHAL: Der programmierte Unterricht, Auswahl Reihe A, Nr.5. Hannover 1969, 3.Aufl.
- ROTH, L.: Effektivität von Unterrichtsmethoden. Hannover 1971
- ROTH, L. u. G. PETRAT (Hrsg.): Unterrichtsanalysen in der Diskussion. Hannover 1974
- RUBINSTEIN, S.L.: Das Denken und die Wege seiner Erforschung. Berlin (DDR) 1972
- RUPRECHT, H., u.a. (Hrsg.): Modelle grundlegender didaktischer Theorien. Hannover 1972
- RUPRECHT, H.: Modelle grundlegender didaktischer Theorien. In: Ruprecht, H., u.a. (Hrsg.): Modelle grundlegender didaktischer Theorien. Bonn 1972, S.9-72
- SACHS, L.: Statistische Methoden. Heidelberg 1970
- SACHS, L.: Statistische Auswertungsmethoden. Berlin 1972, 3. Aufl.
- SANDER, A.: Die Sonderschulen im geteilten Deutschland. Berlin 1969
- SANDER, A.: Die statistische Erfassung von Behinderten in der Bundesrepublik Deutschland. In: Muth, J. (Hrsg.): Sonderpädagogik 1. Gutachten und Studien der Bildungskommission. Stuttgart 1973, S.13-110
- SANDER, M.: Der Programmierte Unterricht in der allgemeinbildenden Schule. Bad Neuenahr o.J.

- SAUER, K.: Struktur, zur Problematik eines didaktischen Modewortes. In: Westermanns Pädagogische Beiträge, 1974, S.21-20
- SCHADE, W., u.a.: Allgemeine Grundsätze der Arbeit in der Hilfsschule. Berlin 1962
- SCHALLER, K.(Hrsg.): Erziehungswissenschaft und Erziehungsforschung. Hamburg 1968
- SCHIEFELE, H., u.a.: Studienhefte zur Erziehungswissenschaft. München 1973
- SCHIRRMACHER, F.: Untersuchung zur Mengenerfassung bei Sonder- und Grundschulern des 3. und 4. Schuljahres. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- SCHLEIN, P. u. D. WEILAND: Untersuchung des durch Übung erreichbaren Lernzuwachses beim Erfassen logischer Strukturen durch Sonderschüler im Vergleich zu Haupt- und Realschülern. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- SCHLIEBS, Jutta u. U.R. HOLLMANN: Untersuchung zur Mengenerfassung bei Grund- und Sonderschülern des 3. und 4. Schulbesuchsjahres unter wahrnehmungspsychologischem Aspekt. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- SCHMALOHR, E.: HAWIK-Zusatzauswertung für das Aufnahmeverfahren in die Sonderschule für Lernbehinderte. Krefeld 1965
- SCHMALOHR, E.: Der Anfangsunterricht. In: Heese, G. u. H. Wegener (Hrsg.): Enzyklopädi. Handbuch der Sonderpädagogik, 1969, 3. Aufl., Bd.3, Sp. 2717-2723
- SCHMALOHR, E.: Neue Untersuchungen zur HAWIK-Zusatzauswertung bei lernbehinderten Sonderschulanwärttern. Z.f.Heilpäd., 1971, H.5, S.321-328
- SCHMALOHR, E. u. W. WINKELMANN: Über den Einfluß der Übung auf die Entwicklung der Mengen- und Substanzerhaltung beim Kinde. Z.f. Entwicklungspsych. u. Päd. Psychol. 1969, H.1, S.93-102
- SCHRAMM, W.: Die Forschung auf dem Gebiet des programmierten Lernens. In: Roth, H. u. A. Blumenthal: Der programmierte Unterricht. Hannover 1969, S. 42-58
- SCHRAMM, W.: Programmierter Unterricht heute und morgen. Berlin 1963

- SCHULTZE, W.: Programmierte Instruktion in den Vereinigten Staaten von Amerika - Erwartungen und Erfahrungen. In: Pädagog. Rundschau, 1966, H.10, S.927-935
- SCHULZ, W.: Unterricht zwischen Funktionalisierung und Emanzipationshilfe. In: Ruprecht, H.: Modelle grundlegender didaktischer Theorien. Hannover 1972, S.155-183
- SCHÜTZ, W.: Untersuchung zur Erfassung der Mächtigkeit von Mengen mit unterschiedlich geordneten Elementen mit Kindern des 3. und 4. Schulbesuchsjahres der Grund- und Sonderschule. Unveröff. Examensarbeit f.d.Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- SCHWARZ, H.: Untersuchung zur Erfassung der Mächtigkeit von Mengen mit unterschiedlich geordneten Elementen mit Kindern des 3. und 4. Schulbesuchsjahres der Grund- und Sonderschule. Unveröff. Examensarbeit f.d.Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- SEIDEL, G.S.: Zahlbegriffsentwicklung und Erstrechnen-unterricht. Weinheim-Basel 1973
- SEILER, Th.B.: Die Reversibilität in der Entwicklung des Denkens. Stuttgart 1968
- SKINNER, B.F.: Verhaltenspsychologische Analyse des Denkprozesses. In: Skinner, B.F. u. W. Correll: Denken und Lernen. Braunschweig 1969, 2. Aufl., S.11-60
- SKINNER, B.F. u.
W. CORRELL: Denken und Lernen. Braunschweig 1969, 2. Aufl.
- SKOWRONEK, H.: Lernen und Lernfähigkeit. München 1969
- SKOWRONEK, H.: Psychologische Grundlagen einer Didaktik der Denkerziehung. Hannover 1970, 2. Aufl.
- SKOWRONEK, H.: Der Einfluß der Lern- und Denkpsychologie auf die Mathematikdidaktik. In: Die Grundschule, 1974, H.8, S.411-415
- SMEDSLUND, J.: Microanalysis of concrete reasoning (II). The effect of number of transformations and non-redundant elements and of some variations in procedure. In: Scandinavian Journal of Psychology, 1966, H.7, S.157-163

- SPECK, O.: Früherkennung und Frühförderung behinderter Kinder. In: Muth, J. (Hrsg.): Sonderpädagogik 1, Gutachten und Studien der Bildungskommission. Stuttgart 1973, S.111-150
- SPIESS, H.J.,
LUCKHAUPT, W., u.
W. ZSCHAU Untersuchung zur Trainierbarkeit des Schätzvermögens kontinuierlicher Mengen (Längen) bei Sonderschülern des 3. u. 4. Schulbesuchsjahres im Vergleich zu Grundschulern gleicher Schulbesuchsjahre. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1973
- SPROCKHOFF, W.: Welt der Mathematik. Darmstadt o.J.
- STEIN, G.: Fächerübergreifende Ziele im Mathematikunterricht. In: Die Grundschule, 1974, H.8, S.466-410
- STEINER, G.: Mathematik als Denkerziehung. Stuttgart 1973
- STROBEL, H.A.: Lernmotivierung und Verursachererlebnisse im Rechenunterricht der Schule für Lernbehinderte. Z.f.Heilpäd., 1975, H.6, S.318-329
- STRUNZ, K.: Der neue Mathematikunterricht in pädagogisch-psychologischer Sicht. Heidelberg 1971
- TENT, L.: Die Auslese von Schülern für weiterführende Schulen. Göttingen 1969
- THURSTONE, L.: Primary Mental Abilities. Chicago 1954
- WAGENSCHNIEDER, M.: Zum Begriff des Exemplarischen Lehrens. Weinheim 1956
- WALLACH, L., A.J. WALL
u. L. ANDERSON: Number conservation: the roles of reversibility, addition - subtraction, and misleading perceptual cues. In: Child Development, 1967, Nr.38, S.425-442
- WALTER, H.: Lehrstrategie und Lehreffektivität. München-Basel 1973
- WALTER, K.-H.: Kleine Kinder lernen lesen, schreiben, rechnen. Duisburg 1968
- WEINERT, F. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Köln 1968
- WEIS, V.: Der Einfluß von Veranschaulichung und Aktivität auf das Lernen im Rechenunterricht. In: Schaller, K. (Hrsg.): Erziehungswissenschaft und Erziehungsforschung. Hamburg 1968, S.240-244

- WERTHEIMER, M.: Produktives Denken. Frankfurt/Main 1964, 2. Aufl.
- WILMS, W.R.: Neue Mathematik für lernschwache Schüler. Berlin-Charlottenburg 1973
- WINNEFELD, Fr.: Die empirisch pädagogische Forschung. In: Schaller, K.(Hrsg.): Erziehungswissenschaft und Erziehungsforschung. Hamburg 1968, S.144-145
- WINTER, H.: Steigerung arithmetischer Fähigkeiten im neuen Mathematikunterricht. In: Die Grundschule, 1974, H.8, S.416-427
- WINTER, H. u.T.ZIEGLER: Neue Mathematik. Darmstadt o.J.
- WITTMANN, E.: Die Komplexität des Zahlbegriffs. In: Die Grundschule, 1972, H.2, S.106-111
- WITZLACK, G.,u.a.: Beiträge zur Verhinderung des Zurückbleibens. Berlin 1973
- WYGOTZKI, L.S.: Denken und Sprechen. Berlin 1964
- ZITZLAFF, Wienke: Überlegungen zur Veränderung der Sonderschule für Lernbehinderte. In: Sonderpädagogik, 1974, H.3, S.113-119
- ZÖPFEL, H., u.a.(Hrsg.): Kleines Lexikon der Pädagogik und Didaktik. Donauwörth 1970
- ZUCCHI, G.: Untersuchung zur Mengenerfassung bei Grund- und Sonderschülern des 3. und 4. Schuljahres. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1972
- ZWACK, Charlotte u. Irmela DEPPE: Erarbeitung des Zahlenraums von 1-100 anhand von Strukturaufbauten - theoretische Grundlegung und empirische Überprüfung. Unveröff. Examensarbeit f.d. Lehramt an Sonderschulen. Marburg 1975

L e b e n s l a u f

Am 27. 5. 1937 wurde ich als Sohn des Postfacharbeiters Josef Kutzer und seiner Ehefrau Anna Kutzer, geb. Manges, in Abaschin, Krs. Marienbad, geboren. Von Herbst 1943 bis Sommer 1944 und vom Sommer 1946 bis Ostern 1950 besuchte ich zunächst in Hohendorf und nach der Aussiedlung in Langenscharz, Krs. Hünfeld, die Volksschule. Im Februar 1958 legte ich am Realgymnasium Lauterbach die Reifeprüfung ab.

Nach der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Grund-, Haupt- und Realschulen am Pädagogischen Institut Jugenheim in Darmstadt war ich an verschiedenen Schulen im Kreise Hünfeld als apl. Lehrer tätig.

Von 1964 bis 1966 studierte ich in Marburg am Institut für Heil- und Sonderpädagogik. In den Jahren 1966 bis 1970 unterrichtete ich an der Mittelpunktsschule Eiterfeld. Nach dem zweiten Staatsexamen im Jahre 1967 arbeitete ich nebenamtlich als Leiter des Hauptseminars für apl. Lehrer an Sonderschulen des Bezirks Fulda - Hersfeld und als Lehrbeauftragter am Institut für Heil- und Sonderpädagogik in Marburg. An diesem Institut bin ich seit 1970 zunächst als Pädagogischer Mitarbeiter und später als Studienrat im Hochschuldienst hauptamtlich tätig. Ich vertrete dort in Lehre und Forschung die Bereiche "Allgemeine Didaktik der Schule für Lernbehinderte" und "Mathematikdidaktik der Schule für Lernbehinderte".

A n h a n g

Der Anhang wurde wegen der hohen Kosten auf Antrag des Verfassers durch den Herrn Dekan des Fachbereichs 21 der Philipps-Universität vom Zwang der Drucklegung ausgeschlossen. Er ist im Original der Dissertation enthalten. Eine Kopie des Anhangs kann beim Verfasser eingesehen werden.

